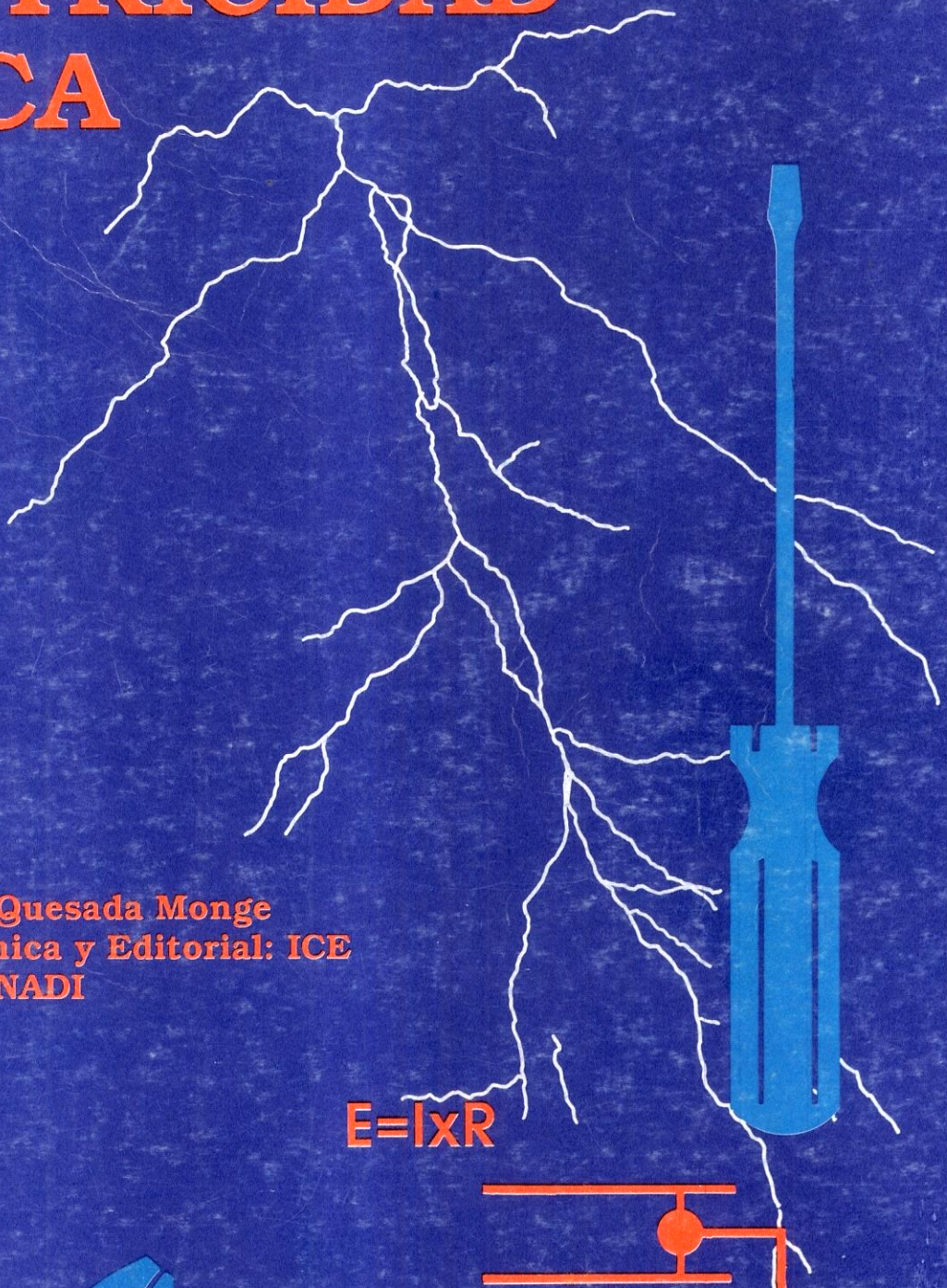
ELECTRICIDAD BASICA



Recopilado por:
Gerardo Enrique Quesada Monge
Cooperación Técnica y Editorial: ICE
Revisado por: CENADI

ELECTRICIDAD BASICA

Recopilado por:
Gerardo Enrique Quesada Monge

Cooperación Técnica y Editorial

Dirección Científica y Tecnológica
Programa de Conservación de Energía

Esta publicación consolida el proyecto de la Asociación de Profesores de Artes Industriales (APAI) de elaboración de guía didáctica para la enseñanza de dicha disciplina, en coordinación con la Dirección de Gestión Científica y Tecnológica del Instituto Costarricense de Electricidad.

Diagramación y Dibujos:
Grupo B-Artes Gráficas S.A.
Revisado por CENADI
1ª Edición 6000 ejemplares 1993
Impreso en Oficina de Publicaciones ICE

Estimados compañeros profesores de Artes Industriales:

Me complace muchísimo dar un reconocimiento a la Asociación de Profesores de Artes Industriales por la labor realizada en la preparación de estos libros de texto para su asignatura. Debo calificar de excelente el esfuerzo que ha puesto en esta tarea.

Agradezco la oportunidad que se me ha brindado de revisar los cuatro primeros libros, correspondientes a las áreas de Dibujo Técnico, Maderas, Electrónica, Electricidad Básica, al cabo de veinte años de existencia de nuestra asignatura. Es grato y oportuno reconocer experiencias anteriores en publicación y uso de algunos trabajos aislados de compañeros; conscientes de la conveniencia de mejorar la calidad de la enseñanza, tecnológica en el país. No obstante, es ahora que se puede palpar la realidad de estos volúmenes debidamente ilustrados, dedicados con entusiasmo al desarrollo de contenidos mínimos en las áreas citadas y exigidas por el Ministerio de Educación Pública.

Electricidad Básica es un documento producido por el actual presidente de la APAI, Bach. Gerardo Quesada Monge, Profesor en el Liceo Rodrigo Facio, en el cual desempeña con calidad y esmero sus funciones. El material del libro ha sido recopilado y diseñado cuidadosamente, a fin de que responda a necesidades de información y consulta, tanto de educadores como de educandos. Algunos de los temas desarrollados, como Principios de Electricidad, Utilización de Herramientas, Trabajo y Energía, Leyes y sus Aplicaciones, así como el desarrollo de la Industria Eléctrica en Costa Rica, nos dejan ver la importancia de los temas y su actualización. Este trabajo constituye un punto de referencia básico para que en nuestra disciplina se impulsen otros nuevos textos que refuercen aspectos específicos del área de Electricidad Básica.

Felicitaciones a la APAI y al compañero Gerardo, por su labor. Deseamos que continúen en la búsqueda de nuevas y cada vez mejores metas para nuestra asignatura. Que estos textos sean ejemplo para cada uno de nosotros, y nos insten a buscar otras formas de mejorar la calidad de las Artes Industriales, en consecuencia de la educación costarricense en general.

Lic. Salvador Marín Zapata
Asesor Nacional de Artes Industriales
Tercer Ciclo y Educación Diversificada
Ministerio de Educación Pública

INDICE

PAGINA

UNIDAD I: HERRAMIENTAS DE USO COMUN EN EL AREA DE LA ELECTRICIDAD 7

1.1 Introducción 8
1.2 Destornilladores o desarmadores 8
1.2.1 ¿Cómo atornillar? 8
1.3 Alicates 10
1.4 Martillo con cabeza blanda, de hule o plástico. 10
1.5 El punzón. 10
1.6 La cuchilla. 10
1.7 Reglas plegadizas y de cinta ("metros"). 11
1.8 Las tijeras. 11
1.9 El nivel 11
1.10 Calibrador para alambres o galga. 12
1.11 El cautín eléctrico. 13
1.12 La pistola para soldar 14
1.12.1 Puntas de las pistolas para soldar. 14
1.12.2 Empleo de la pistola para soldar. 15
1.13 Taladro de mano. 15
1.14 Taladro eléctrico portátil. 17
1.15 Preguntas propuestas 19

UNIDAD II. MAGNETISMO Y ELECTROMAGNETISMO 20

2.1 Introducción. 20
2.2 Tipos de imanes: 20
2.2.1 Imanes naturales. 20
2.2.2 Los imanes artificiales. 21
2.2.3 Los electroimanes. 22
2.3 Polos del imán. 23
2.4 La brújula. 23
2.5 Imán cortado. 24
2.6 Polarización (o "inducción") magnética. 25
2.7 Campos magnético. 25
2.8 Teoría de Weber. 25
2.9 Cuerpo magnéticos o materiales magnéticos. 26
2.9.1 Materiales ferromagnéticos. 26
2.9.2 Materiales paramagnéticos. 27
2.9.3 Materiales diamagnéticos 28
2.10 Pantalla magnética. 29
2.11 El magnetismo terrestre. 30
2.12 Experimento de Oersted. 32
2.13 Campo magnético de una corriente eléctrica lineal. .....
2.14 Preguntas propuestas. .....

UNIDAD III. TEORIA ELECTRONICA Y EL ATOMO 33

3.1 El átomo. 34
3.1.1 Física atómica. 34
3.1.2 Los electrones en el átomo. 35
3.2 Preguntas propuestas. 37

UNIDAD IV. TRABAJO Y ENERGIA 39

4.1 Introducción. 40
4.2 Concepto de energía. 40
4.3 Energía cinética. 41
4.4 Energía potencial. 41
4.5 Transformación de la energía. 42
4.6 Unidades de medición de la energía. 42
4.7 Formas de energía. 42
4.7.1 Energía mecánica. 42
4.7.2 Energía sonora. 42
4.7.3 Energía calórica. 43
4.7.4 Energía luminosa. 43
4.7.5 Energía eléctrica. 43
4.7.6 Energía química. 43
4.7.7 Energía magnética. 43
4.8 Métodos para generar energía eléctrica. 43
4.8.1 Transformadores de energía mecánica a eléctrica. 44
4.8.1.1 Generación de energía eléctrica por fricción. 44
4.8.1.2 Electricidad generada por el movimiento de un imán. 45
4.8.1.3 Electricidad generada al ejercer presión sobre un cristal. 45
4.8.2 Transformadores de energía química a eléctrica. 47
4.8.2.1 La pila seca. 48
4.8.2.2 El acumulador. 49
4.8.2.3 La pila de combustible. 50
4.8.3 Transformadores de energía radiante a electricidad. 50
4.8.3.1 Características de la energía radiante. 50
4.8.3.2 El termopar como transformador de energía radiante a energía eléctrica. 51
4.8.3.3 La celda fotovoltáica como transformador de energía radiante a energía eléctrica. . 53
4.9 Fuentes práctica de energía eléctrica. 54
4.9.1 Pilas secas. 54
4.9.1.1 La pila seca de carbón y zinc (pila Leclanché). 55
4.9.1.2 La pila seca alcalina de manganeso. 55
4.9.1.3 La pila de mercurio. 56
4.9.2 Acumuladores. 59
4.9.2.1 La celda de plomo en ácido. 59
4.9.2.2 La celda de níquel y cadmio. 60
4.9.3 Planta generadora hidroeléctrica. 61
4.9.3.1 Introducción. 61
4.9.3.2 Fuente de abastecimiento. 62
4.9.3.3 Obras de conducción. 63
4.9.3.4 Casa de máquinas. 63
4.9.3.5 Subestación. 66
4.9.3.6 Plantas eléctricas de Costa Rica (a febrero de 1988). 67

4.9.3.7 Plantas hidroeléctricas en gráficas. 68
4.9.4 Planta generadora geotérmica. 72
4.9.4.1 Introducción. 72
4.9.4.2 ¿Qué es la energía geotérmica?. 73
4.9.4.3 ¿Cómo se utiliza la energía geotérmica?. 73
4.9.4.4 ¿Desde cuándo se utiliza la energía geotermoeléctrica?. 74
4.9.4.5 ¿Por qué conviene utilizar energía geotérmica en Costa Rica?. 75
4.9.4.6 ¿Cuál es el posible costo de la energía geotérmica?. 75
4.9.4.7 ¿Qué resultados se han obtenido con la perforación de pozos profundos en Miravalles?. 75
4.9.4.8 ¿Qué falta por hacer en el proyecto geotérmico de Miravalles?. 76
4.9.5 Energía solar 76
4.9.5.1 Introducción. 76
4.9.5.2 El horno solar 77
4.9.5.2.1Principio de funcionamiento del horno/cocina solar. 77
4.9.5.2.2 Materiales necesarios para la construcción del horno/cocina solar. 78
4.9.5.2.3 Procedimiento a seguir en la construcción de un horno/cocina solar. 82
4.9.5.2.4 Aspectos importantes que se deben tomar en cuenta al usar el horno solar. 84
4.9.5.2.5 Ventajas del horno solar. 85
4.9.5.2.6 Limitaciones del horno solar. 86
4.9.6 Gráficos estadísticos sobre el consumo de energía eléctrica en Costa Rica. 86
4.10 Preguntas propuestas 91

UNIDAD V. MAGNITUDES ELECTRICAS 95

5.1 Introducción. 96
5.2 Fuerza electromotriz. 96
5.2.1 Electrones y protones portadores de carga eléctrica. 96
5.2.2 Carga y fuerza electromotriz. 97
5.2.3 La medida de la F.E.M. 98
5.3 Corriente de electrones y F.E.M. 99
5.3.1.Medida de la corriente de electrones. 100
5.4 Resistencia en circuitos eléctricos. 101
5.4.1 Resistencia y pérdida de energía. 101
5.4.2 Factores que afectan la resistencia. 102
5.5 Medida de la superficie 104
5.6 Preguntas propuestas. 105

UNIDAD VI. LEY DE OHM 107

6.1 Introducción. 108
6.2 La ley de Ohm. 108
6.3 Circuitos eléctricos básicos. 108
6.3.1 El circuito en serie. 108
6.3.2 El circuito en paralelo. 109
6.4 Problemas y preguntas resueltas. 111
6.5 Preguntas propuestas. 113

UNIDAD VII. LEY DE WATT (POTENCIA ELECTRICA) 115

7.1 Introducción. 116
7.2 La medida de la potencia eléctrica. 116
7.3 Problemas y preguntas resueltas. 117
7.4 Preguntas propuestas. 117

UNIDAD VIII. DESARROLLO DE LA INDUSTRIA ELECTRICA EN COSTA RICA 119

8.1 Introducción. 120
8.2 Desarrollo de la industria eléctrica en Costa Rica. 121
8.3 Creación del Instituto Costarricense de Electricidad. 122
8.4 El Sistema Nacional de Telecomunicaciones. 126
8.5 Preguntas propuestas 133

UNIDAD IX. INSTRUMENTOS DE MEDICION 135

9.1 Introducción 136
9.2 Medidores eléctricos 136
9.2.1 ¿Cómo funciona un medidor?. 136
9.3 Medición de la corriente eléctrica. 136
9.3.1 Conexiones. 136
9.3.2 Capacidad de medición. 136
9.3.3 Dispositivos de protección. 137
9.3.4 Mediciones de corriente alterna y de corriente directa. 137
9.3.5 Lecturas. 138
9.4 Medición de la fuerza electromotriz. 138
9.4.1 El circuito. 138
9.4.2 Conexión. 139
9.4.3 Lecturas. 139
9.5 Medición de la resistencia eléctrica. 139
9.5.1 El circuito 140
9.5.2 Empleo del medidor. 141
9.5.3 Lecturas 141
9.6 Instrumentos de doble medición. 141
9.6.1 El multi-probador de tipo voltio-ohmio. 142
9.6.2 El voltímetro de tubos al vacío. 142
9.6.3 El medidor de abrazadera o electropinza. 142
9.7 Medición de la energía eléctrica. 142
9.7.1 El medidor de vatio-horas (watt-horas) o vatiohorámetro. 143
9.7.2 El costo del consumo de la energía eléctrica. 144
9.7.3 Fórmula para el cálculo de kilowatt-horas. 145
9.8 Preguntas propuestas 146

UNIDAD X. CONSUMO RACIONAL DE LA ENERGIA ELECTRICA Y SU IMPORTANCIA 147

10.1 Introducción 148
10.2 ¿Cómo calcular el consumo de energía eléctrica en el hogar?. 148
10.2.1 ¿Cómo leer el medidor eléctrico en nuestras casas?. 148

10.3 Consejos para el uso racional de la energía eléctrica en el hogar. 149
10.3.1 Introducción 149
10.3.2 Ahorre electricidad al cocinar 149
10.3.3 Ahorre electricidad con su refrigeradora. 150
10.3.4 Ahorre electricidad con la iluminación. 151
10.4 Preguntas propuestas 153

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA 154

UNIDAD I

HERRAMIENTAS DE USO COMUN EN EL AREA DE LA ELECTRICIDAD

En esta unidad estudiaremos las herramientas y máquinas, comúnmente más usadas en los trabajos de taller, en el área de la electricidad, tales como: destornillador, alicate, martillo con cabeza blanda, punzón, cuchilla, metro, tijeras, nivel, galga, cautín, pistola de soldar, taladro de mano y taladro eléctrico portátil.

1.1 INTRODUCCION:

Las herramientas y máquinas que se estudian en esta unidad son las que comúnmente se usan en trabajos de taller, en el área de electricidad. Estas mismas herramientas son útiles en otras áreas de trabajo.

Cuando se utilizan destornilladores, alicates, etc., en trabajos puramente eléctricos, es necesario que los mangos estén recubiertos de algún material aislante. Así se evitará posibles accidentes.

La mayor parte de las máquinas y herramientas que aquí se describen son de fácil manejo, pero aún así, es necesario conocer el uso, forma, función y normas de seguridad de cada una de ellas.

1.2 DESTORNILLADORES O DESARMADORES:

Los destornilladores están destinados para colocar y retirar tornillos en madera, metal u otros material. Los hay de dos tipos distintos: para tornillos con *ranura* y para tornillos de cabeza en *cruz o estrella* (tornillos Phillips).

Los tamaños en que se fabrican son muy variados, dependen del tipo de trabajo que se vaya a realizar (Fig. 1.1).

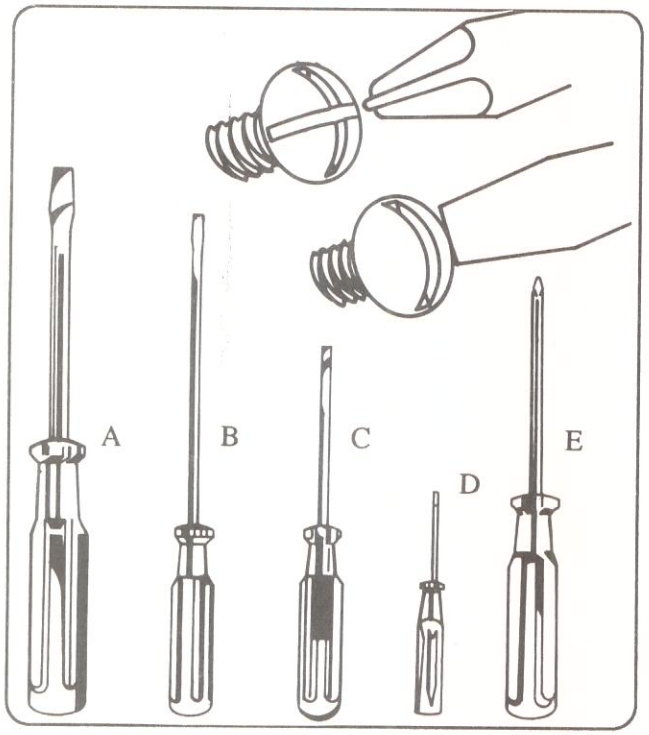


Fig. 1.1 Breve muestrario de destornilladores: (A) Normal con punta de bisel. (B) y (C) Destornilladores con punta de bisel, tipo gabinete. (D) Destornilladores para tornillos pequeños. (E) Destornillador con punta en estrella, tipo Phillips.

1.2.1 ¿COMO ATORNILLAR?

a. Escójase un destornillador que ajuste lo mejor posible en la ranura del tornillo.
b. Inserte el filo del destornillador en la ranura del tornillo, sosteniéndolo con una mano, mientras que con la otra hace girar el destornillador. Este ha de mantenerse siempre bien alineado con el tornillo.

Para cada tornillo deberá usarse el destornillador adecuado, que será aquel que coincida, aproximadamente, con la longitud y anchura de la ranura de la cabeza del tornillo (un destornillador pequeño estropea la ranura de la cabeza del tornillo, y además, no se puede hacer la fuerza precisa al estar demasiado holgada la punta dentro de la ranura) (Fig. 1.2).

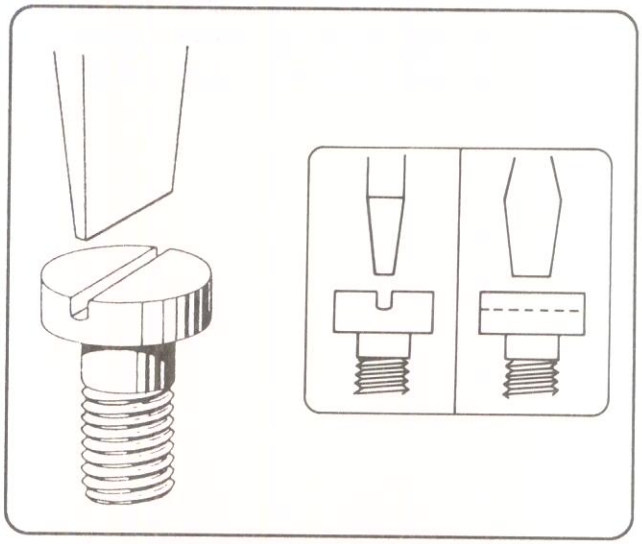


Fig. 1.2. Para cada tornillo debe usarse el destornillador adecuado.

1.3 ALICATES:

Son herramientas que, fundamentalmente, sirven para sujetar piezas. Con ellos también se puede cortar, doblar y torcer alambres, en muy diversas maneras.

Todos los alicates de buena calidad se fabrican con acero forjado y se ajustan a ciertas especificaciones. Deben ser resistentes y tener un acabado tal que no permitan la oxidación. Los mangos de los alicates deben estar recubiertos de algún material aislante; -hule duro, por ejemplo-.

Los alicates se fabrican en una gran variedad de formas y tamaños; depende del tipo de trabajo que se vaya a efectuar (Fig. 1.3).

Los alicates que más se utilizan, en los trabajos de taller, son los siguientes: universales, de corte, de puntas planos y de puntas redondas (Fig. 1.4).

Con los alicates no se deben apretar o aflojar tuercas; para tal efecto están las llaves. Tampoco se deben agarrar piezas muy duras, pues se desgastan las mordazas y luego el alicate pierde eficacia.

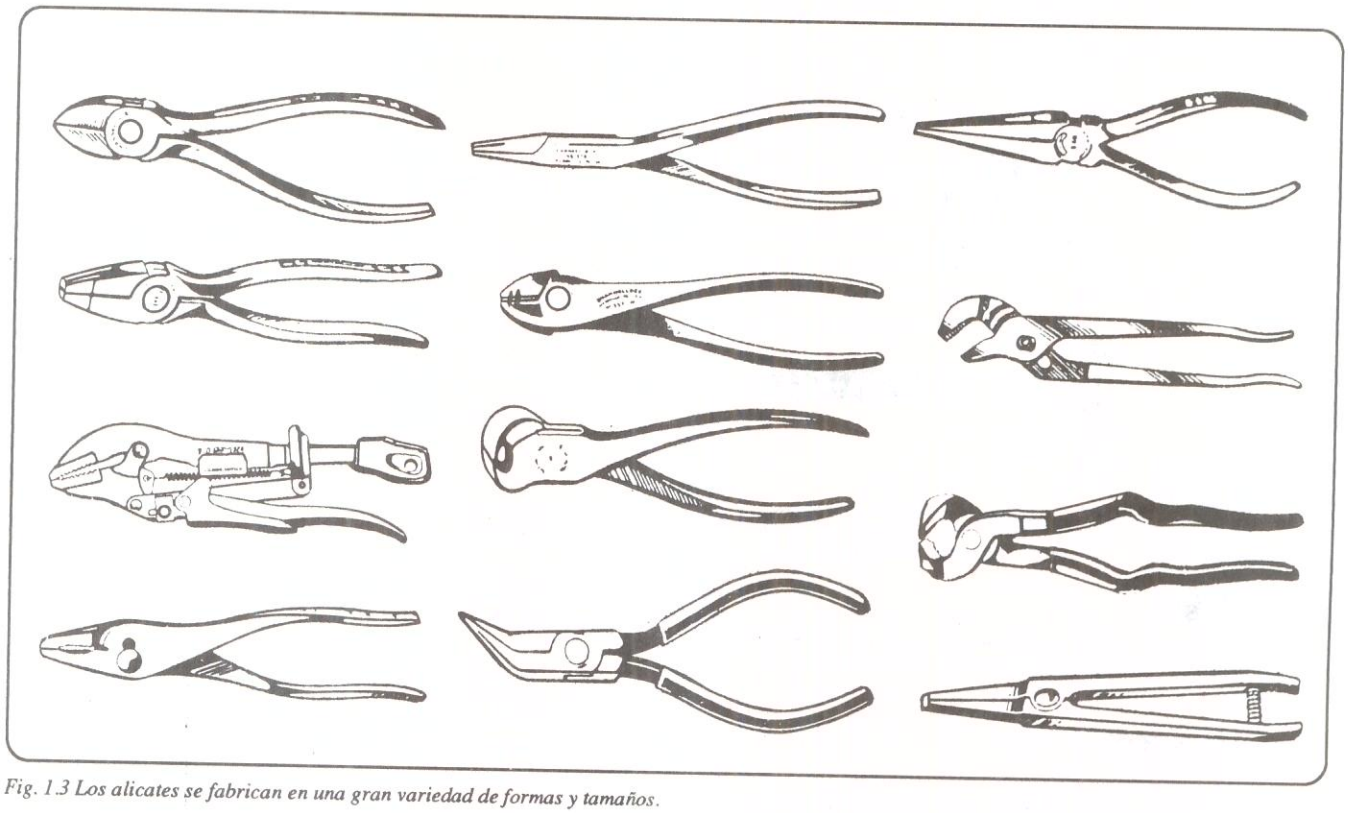


Fig. 1.3 Los alicates se fabrican en una gran variedad de formas y tamaños.

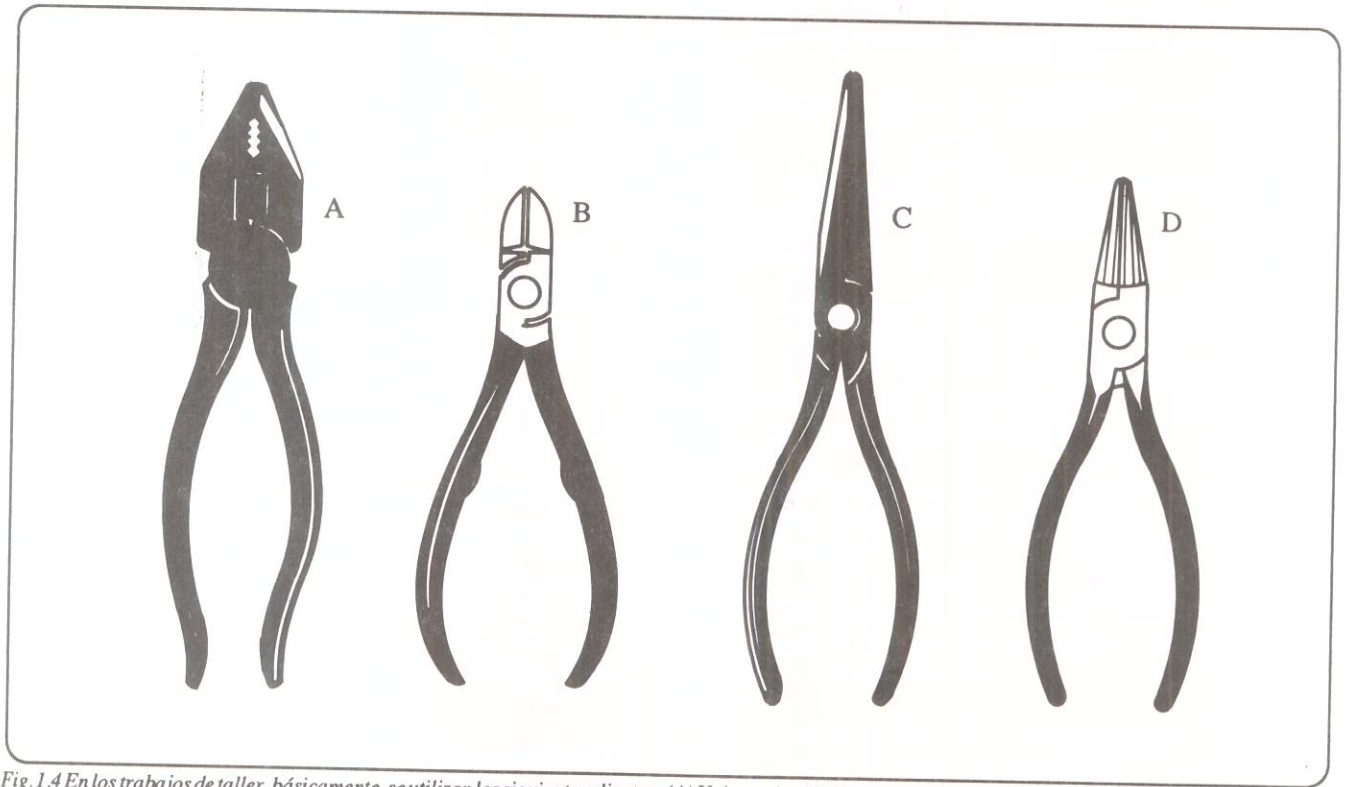


Fig. 1.4 En los trabajos de taller, básicamente, se utilizan los siguientes alicates: (A) Universales, (B) De corte, (C) De puntas planas, (D) De puntas redondas.

1.4 MARTILLO CON CABEZA BLANDA, DE HULE O PLASTICO:

Es una herramienta muy útil, cuando tenemos la necesidad de golpear algunas piezas, sin que éstas se dañen, o hacer un montaje de piezas a presión, en máquinas u otro equipo (Fig. 1.5).

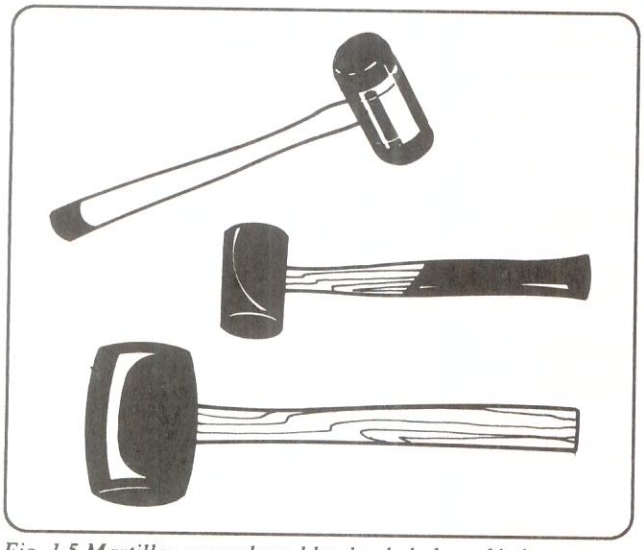


Fig. 1.5 Martillos con cabeza blanda, de hule o plástico.

1.5 EL PUNZON:

Se utiliza para abrir pequeños agujeros en la madera o el latón. Normalmente el agujero iniciado para introducir un tornillo de diámetro algo mayor.

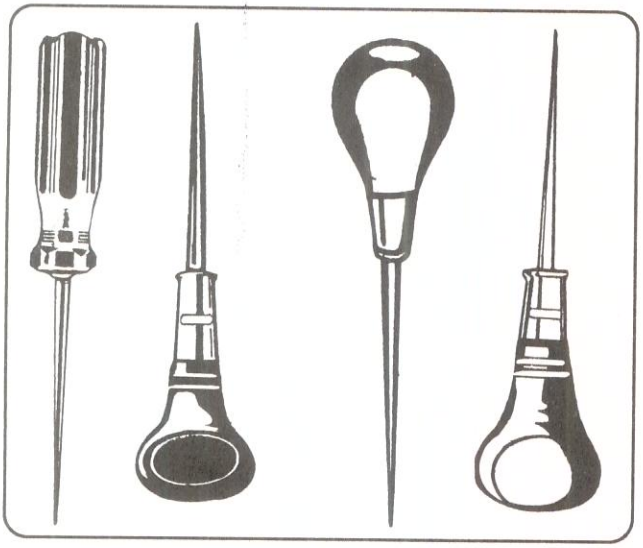


Fig. 1.6 Punzones.

1.6 LA CUCHILLA:

Se usa para desnudar cable. Se recomienda una cuchilla de hoja ancha y recia.

Cuando utilicemos una cuchilla, debemos tener mucho cuidado de no cortarnos.

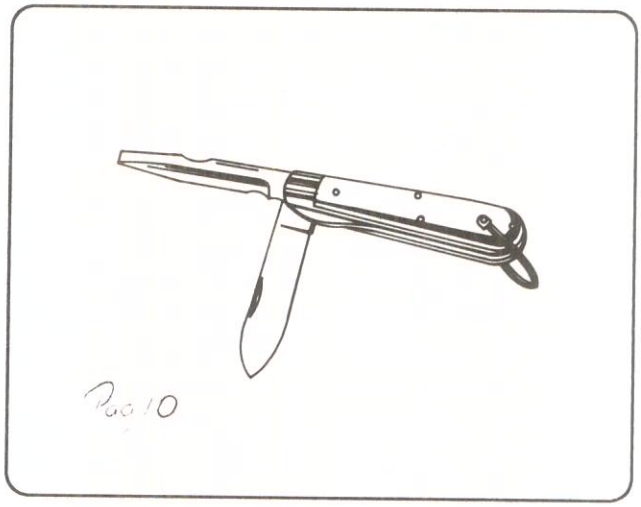


Fig. 1.7 Cuchilla.

1.7 REGLAS PLEGADIZAS Y DE CINTA ("METROS"):

Esta es una herramienta muy importante en los trabajos de taller. Con ella podemos hacer las mediciones que se requieran a la hora de efectuar algún trabajo (mediciones de longitudes, anchuras o grosores).

Los "metros" se fabrican en diferentes materiales, tales como: tela, madera o metal, acrílico o plástico.

Los modelos de "metro" más usados son: "metros" plegables y "metros" de cinta (Fig. 1.8) y otros.

Nota: A las reglas plegadizas y de cinta, comúnmente las llamamos "metros".

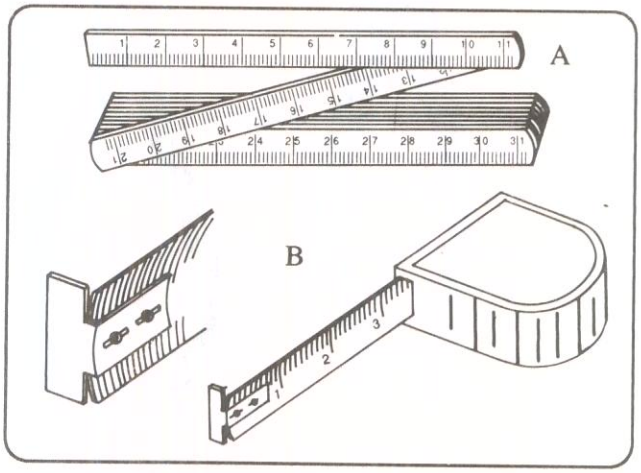


Fig. 1.8 Reglas plegadizas y de cinta. (A) Doble metro plegable, de aluminio o madera. (B) Cinta métrica de metal.

1.8 LAS TIJERAS:

Esta herramienta se utiliza en los trabajos de taller-electricidad, para cortar "tape" y otro material que se necesite cortar.

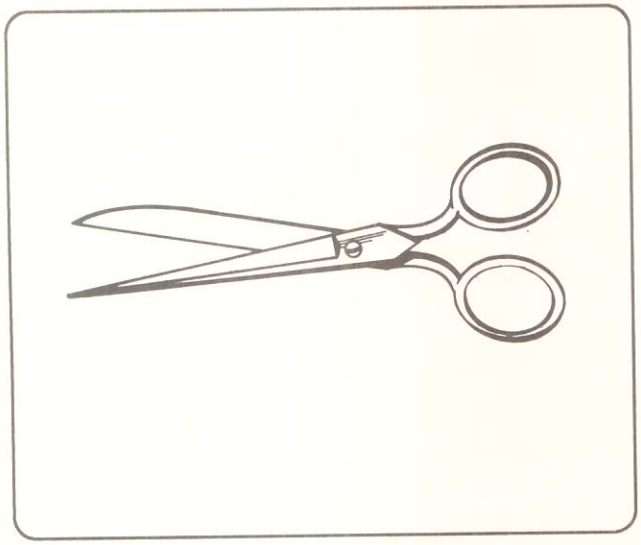


Fig. 1.9 Tijeras.

1.9 EL NIVEL:

Esta es una herramienta de prueba, muy importante, en los trabajos de taller-electricidad, cuando se desea instalar, tomacorrientes, interruptores, caja breakers, etc. Estos aditamentos eléctricos deben quedar nivelados para que su presentación sea agradable.

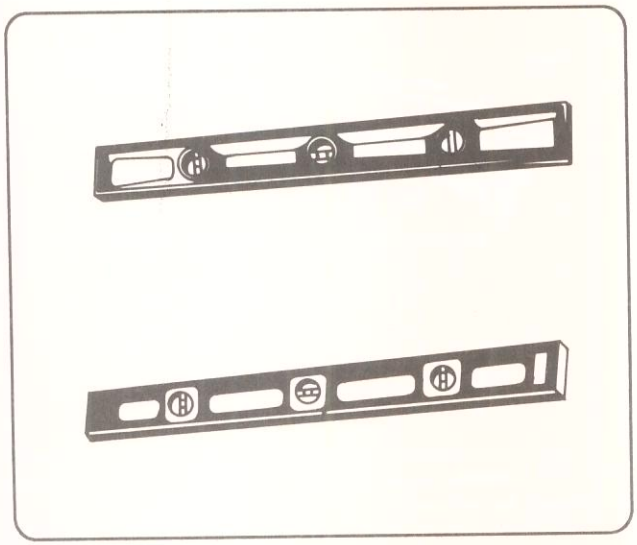


Fig. 1.10 Niveles

1.10 CALIBRADOR PARA ALAMBRES O GALGA:

El diámetro de los conductores de sección circular se mide con un calibrador, con el cual se determína el diámetro del alambre, de acuerdo con un índice de calibre tipo (Fig. 1.11). Estos calibradores, cuentan con aberturas o ranuras, con las cuales se puede determinar el diámetro tipo de los alambres. Estas ranuras están numeradas para indicar la medida del calibre de los alambres, clasificándolos desde el número 0 hasta el 36. Cada número del calibrador designa un cierto diámetro del alambre. Mientras mayor sea el número, menor es el calibre; por ejemplo, la ranura del 10 es mayor que la del número 20. El diámetro de un alambre del número 10, es mayor por lo tanto, que el del alambre del número 20. En la cara posterior del calibrador se indica la equivalencia decimal del diámetro del calibre.

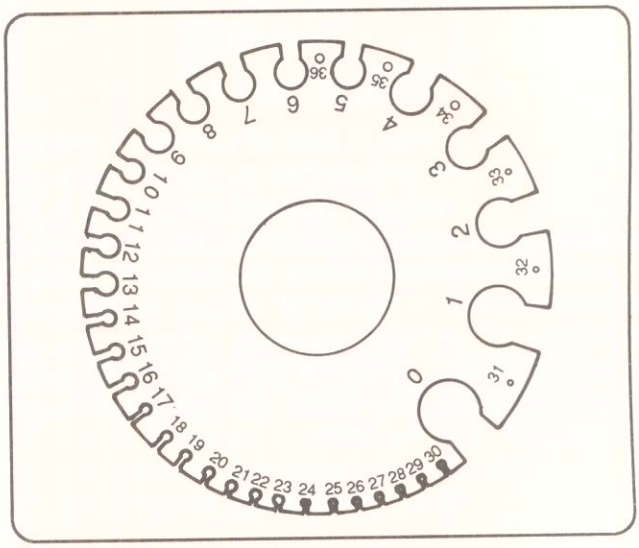


Fig. 1.11 Calibrador para alambres.

Para medir el diámetro de un conductor con este calibrador, se recomienda el procedimiento siguiente:

A. De uno de los extremos del conductor que desea medir, quite el material aislante y cualquier otro material extraño, hasta dejar una porción de centímetro y medio más o menos de alambre desnudo y libre de melladuras.

B. Compare después el alambre desnudo con las muescas del calibrador, tal como se muestra en la Fig. 1.12.

C. Se prueba el alambre en diferentes muescas, hasta que ajuste exactamente, pero sin forzarlo, en alguna de ellas.

D. Se lee el número correspondiente a esa ranura del calibrador. Si lo desea en la cara opuesta, podrá observar su equivalencia decimal.

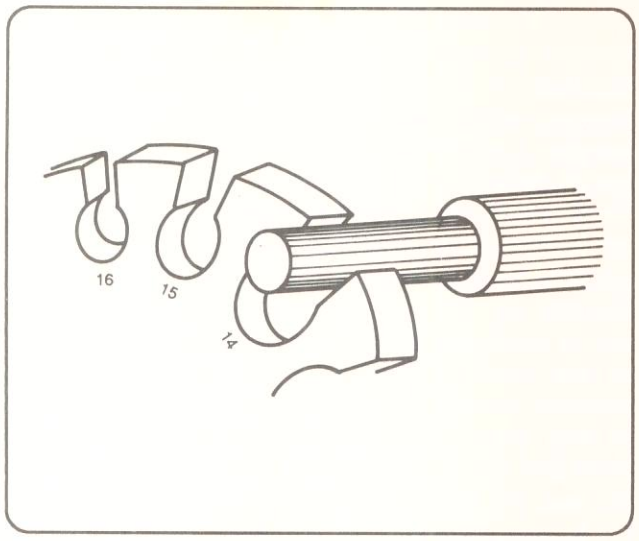


Fig. 1.12 Forma de emplear el calibrador.

1.11 EL CAUTIN ELECTRICO:

Los cautines se utilizan para hacer junturas. Los cautines eléctricos de cobre son herramientas muy útiles en los trabajos de electricidad (Fig. 1.13). La punta de los cautines modernos se fabrica de cobre. Hace años se hacían de hierro. En los diversos trabajos de electricidad se precisa de cautines de diferentes tamaños: sin embargo, se puede considerar que un cautín eléctrico de cobre de 100 vatios, es adecuado para trabajos ligeros; y uno de 200 vatios para trabajos pesados.

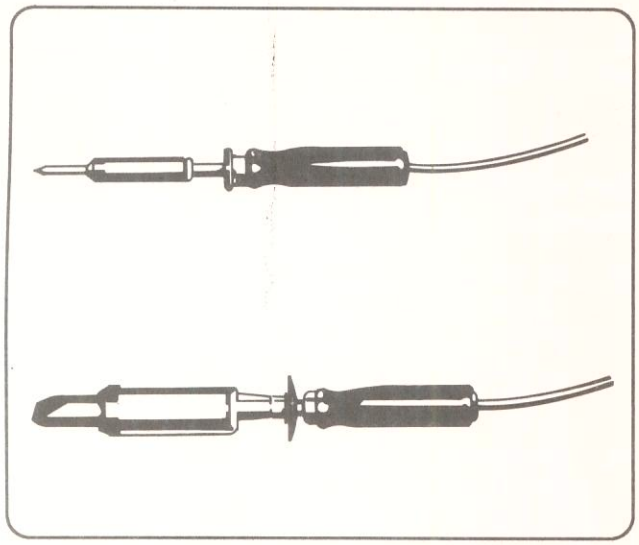


Fig. 1.13 Cautines eléctricos de cobre que se utilizan en trabajos de electricidad.

En general, el elemento que genera calor es muy durable; y en algunos tipos de cautines es sustituible. Por razones de seguridad, se acostumbra utilizar gruesos cables eléctricos, recubiertos de amianto, para conectar estas herramientas. El uso de soportes especiales evita quemaduras accidentales en las manos o en tableros del banco de trabajo (Fig. 1.14).

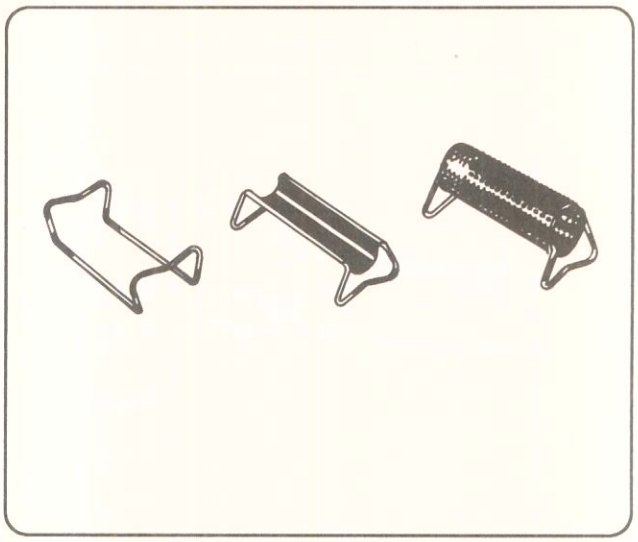


Fig. 1.14 Soportes para cautines eléctricos de cobre.

El empleo recomendado del cautín eléctrico de cobre, es como sigue:

A. Se limpia con una lima la punta del cautín, hasta dejarla brillante. Cuando la punta de estas herramientas está sucia, se dificulta la labor de soldadura (Fig. 1.15).

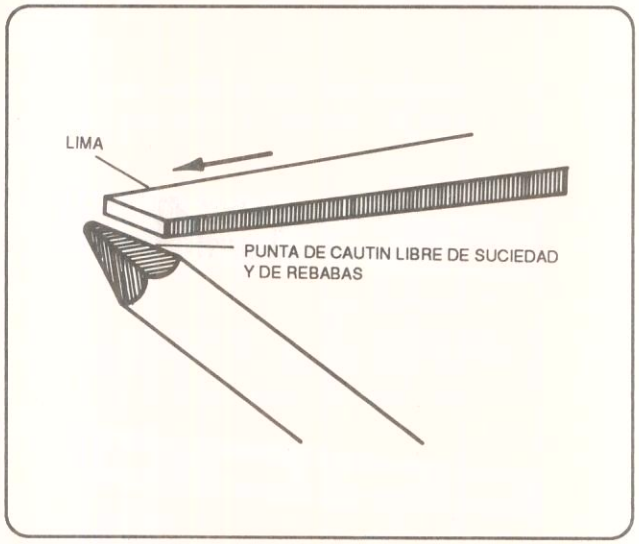


Fig. 1.15 Limando la punta de un cautín eléctrico para limpiarla y eliminar las rebabas.

B. Es conveniente limpiar químicamente la punta del cautín, frotándola con sal de amoníaco, o sumergiéndola en pasta de soldadura

(Fig.1.16). En estas operaciones, el cautín debe estar suficientemente caliente como para que al entrar en contacto con la sustancia química limpiadora, o la pasta produzca chasquido.

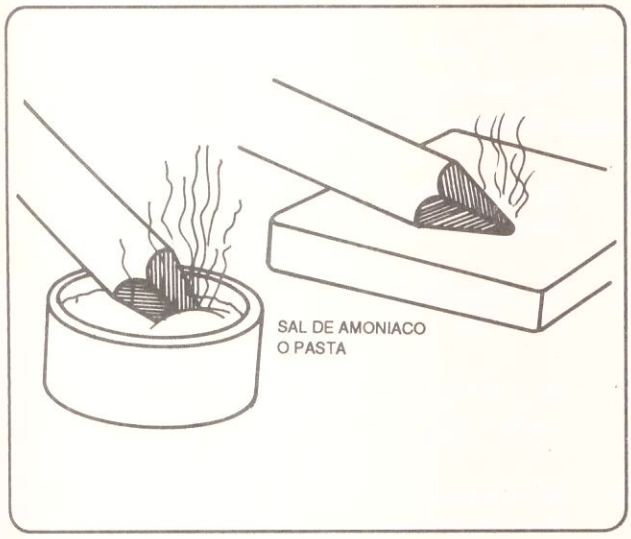


Fig. 1.16 Limpieza química de la punta de un cautín, con sal de amoníaco o con pasta para soldar.

C. A continuación, se aplica soldadura -tomada de un carrete de soldadura- en la punta del cautín. A este proceso se le denomina estañado del cautín eléctrico de cobre (Fig. 1.17). Cuando el cautín tiene el grado de calor requerido, la soldadura se funde y fluye con facilidad alrededor de la punta del cautín.

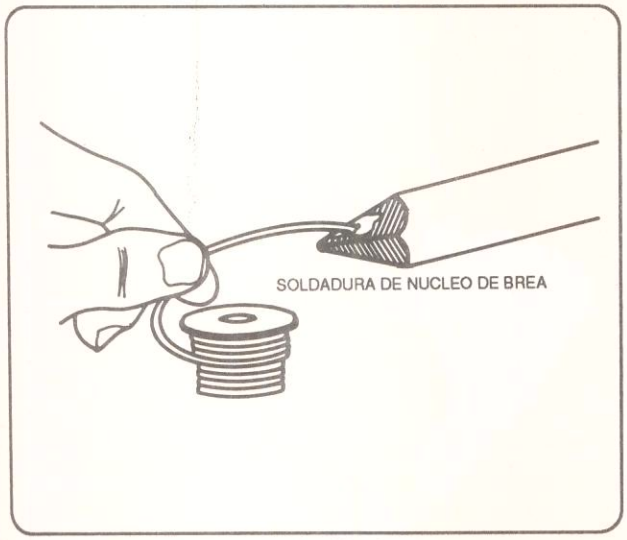


Fig. 1.17 Estañado de un cautín eléctrico.

CH. Se coloca la punta del cautín debajo de la unión de alambres que se pretende soldar para calentarla.

D. Se aplica en los alambres soldadura de núcleo de brea, tocando con ella el empalme caliente (Fig. 1.18).

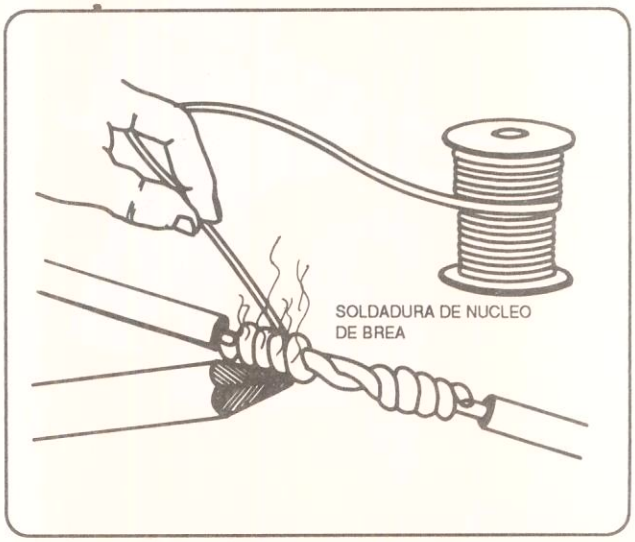


Fig. 1.18 Aplicando soldadura a un empalme de alambre. (La punta de la soldadura queda debajo del alambre y la soldadura fluye fácilmente en la unión recalentada de los alambres).

E. Una vez que la soldadura se haya fundido y fluya libremente alrededor del empalme, o la unión, se separa el cautín y se interrumpe la aplicación de la soldadura. Una vez terminado el trabajo, se desconecta el cautín.

F. El empalme, o unión, ya soldado no debe moverse hasta que la soldadura que es de color plateado, adquiera un color blanco opaco, que nos indica que ya se ha endurecido.

1.12 LA PISTOLA PARA SOLDAR:

La pistola para soldar es, esencialmente, un cautín eléctrico de cobre (Fig. 1.19). Es muy durable y con ella se pueden realizar algunos trabajos pesados de soldadura. Para hacerla funcionar, simplemente se hace presión sobre el gatillo; **cinco segundos después puede ya utilizarla.** La mayoría de estas herramientas cuentan con un transformador; además, con un sistema de iluminación. Su diseño permite soldar fácilmente en sitios de difícil acceso.

Nota: Siempre debe colocarse el cautín caliente en un soporte o sostén metálico, hasta que se le utilice nuevamente.

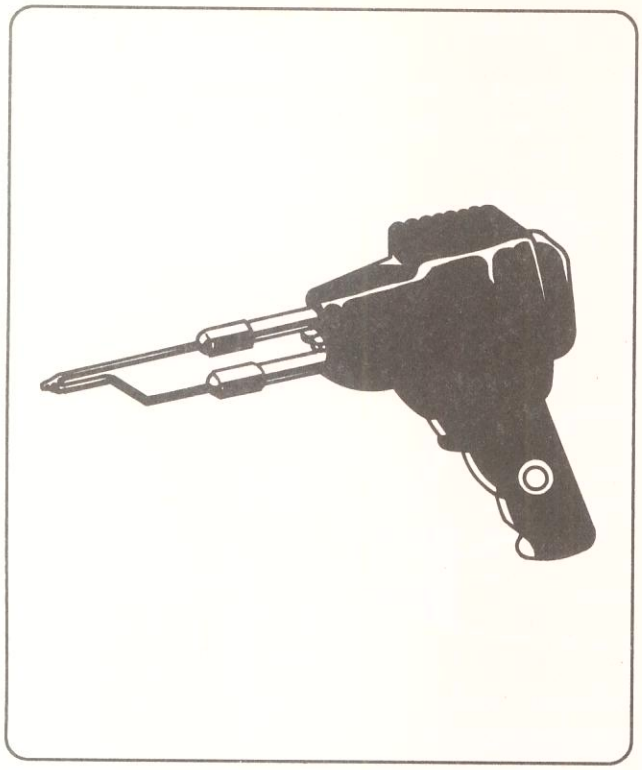


Fig. 1.19 Pistola para soldar, utilizada en los trabajos de electricidad.

1.12.1 PUNTAS DE LAS PISTOLAS PARA SOLDAR:

A esta herramienta se le puede colocar diferentes clases de puntas, que están especialmente diseñadas para realizar variadas labores, y que la hacen muy útil. La **punta cortante,** tienen especie de navaja; y, la **punta para alisar** tiene forma de paleta (Fig. 1.20). Cuando la punta se ha desgastado, se le retira, y se sustituye por la nueva punta.

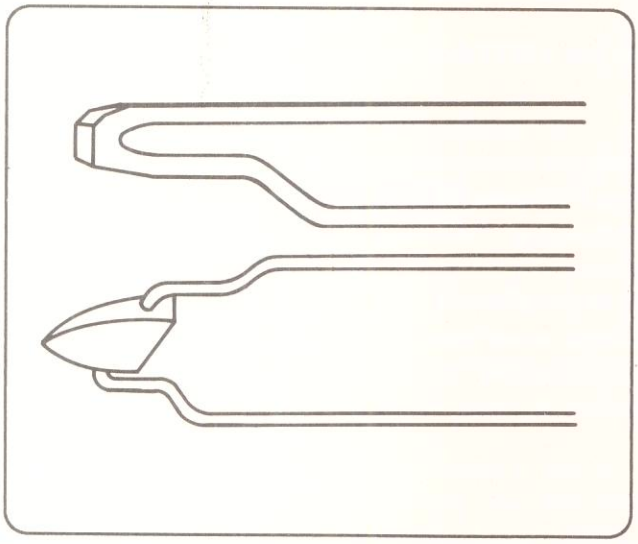


Fig. 1.20 Dos clases de puntas de la pistola para soldar.

Estas pistolas se pueden utilizar para reparar muebles con "goma laca", para cortar el recubrimiento de materiales plásticos de las paredes o pisos, y en otros trabajos hogareños.

1.12.2 EMPLEO DE LA PISTOLA PARA SOLDAR:

Se recomienda el siguiente procedimiento para efectuar trabajos de soldadura con esta herramienta:

A. Se limpia la punta, de la misma manera que se hace con el cautín de cobre (Fig. 1.16).

B. Se conecta el enchufe a una toma de corriente.

C. Se coloca la pistola, presionándola contra la unión o empalme, que se desea soldar.

CH. Se le aplica al alambre soldadura de núcleo de brea, tomada de un carrete.

D. Se oprime el gatillo, y se dejan transcurrir unos cinco segundos, hasta que la punta se caliente (Fig.1.21). Se continúa calentando hasta que la soldadura se funda, y fluya fácilmente sobre la unión.

E. Se suelta el gatillo.

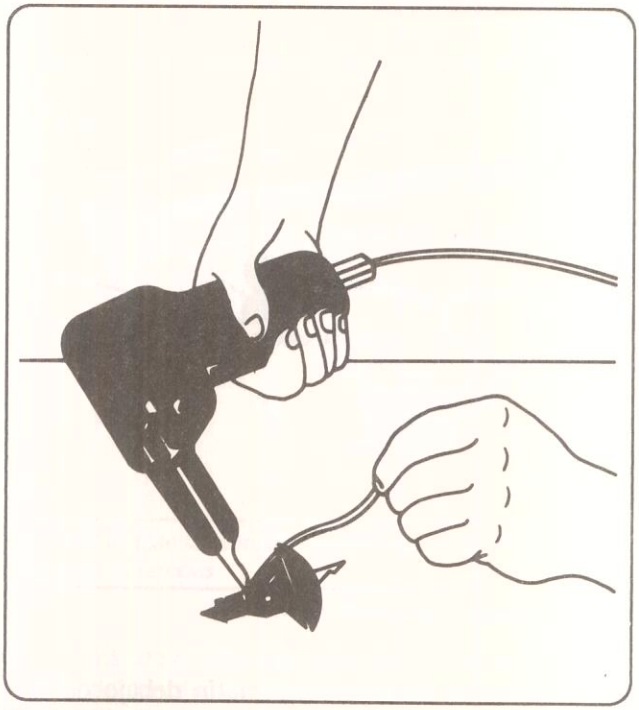


Fig. 1.21 Empleo de la pistola para soldar.

1.13 TALADRO DE MANO:

Es una herramienta utilizada para perforar. Está provisto con una transmisión de engranaje. La transmisión produce una mayor velocidad al taladrar que la del berbiquí (Figs. 1.22 y 1.23).

El tipo de broca más adecuado para el taladro de mano es la broca espiral recta y de baja velocidad.

Nota: Esta herramienta se analiza con más detalle en el Area de Maderas, de Jorge Elizondo Masís.

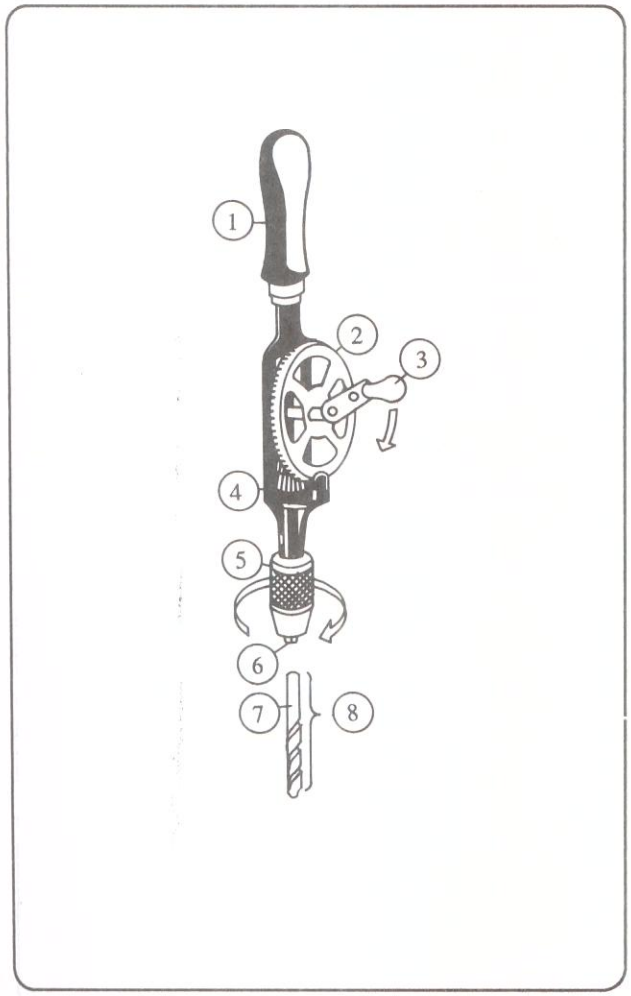


Fig. 1.22 Taladro de mano: (1) Mango fijo. (2) Volante dentado. (3) Mango pequeño o manivela. (4) Piñón conducido. (5) Envolvente del portabrocas. (6) Mandíbulas. (7) Broca espiral de vástago recto. (8) Vástago cilíndrico.

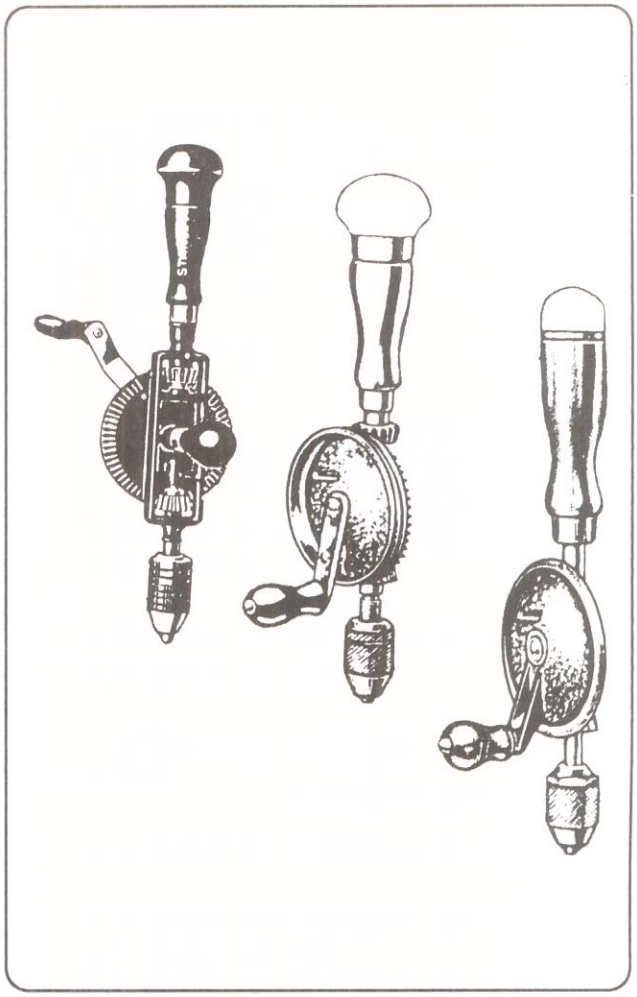


Fig. 1.23 Taladro de mano.

1.14 TALADRO ELECTRICO PORTATIL:

Esta máquina también es utilizada para perforar agujeros en madera, metal, cemento, etc.

Existen en el mercado taladros de muy diversas formas y tamaños (Figs. 1.24 y 1.25).

Se clasifican generalmente, por el diámetro máximo de la broca que pueda colocarse en el portabroca. Este puede ser hasta 10 mm o más, en modelos profesionales.

Nota: Esta máquina se analiza con más detalle, en el libro sobre el Area de Maderas (unidad estudio), de Jorge Elizondo Masís.

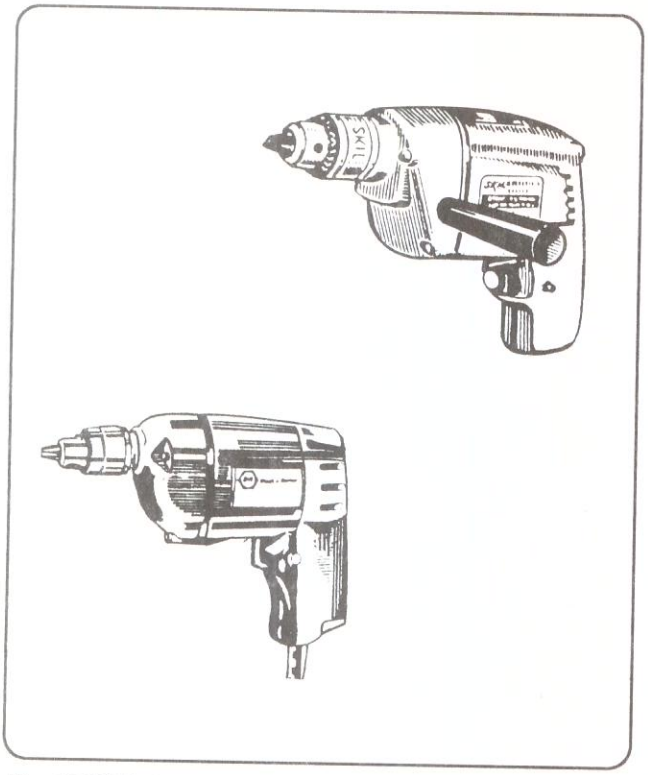


Fig. 1.24 Taladros eléctricos portátiles.

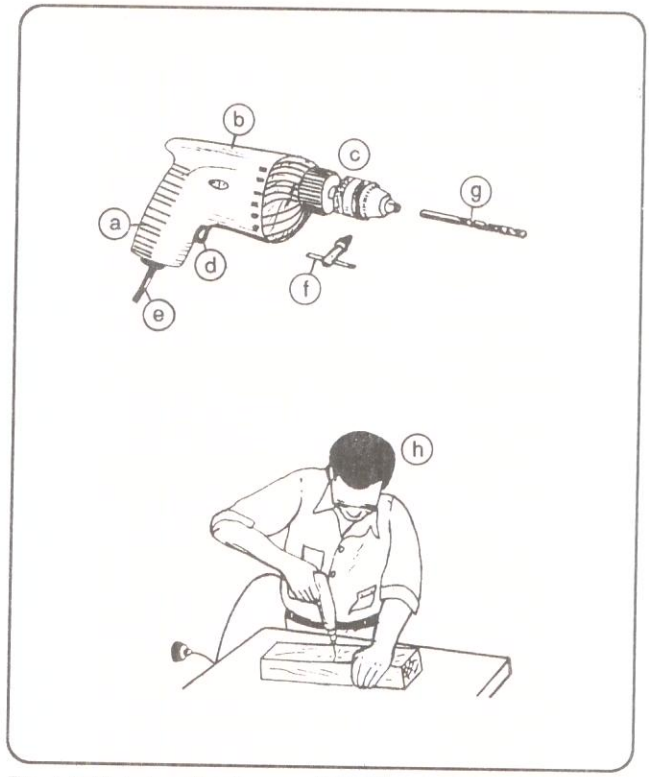


Fig. 1.25 Taladro eléctrico portátil (a) Empuñadura. (b) Carcasa o cuerpo. (c) Portabrocas dentado (shoc o mandril). (d) Interruptor de gatillo. (e) Cordón o cable eléctrico. (f) Llave para el portabroca o chaveta. (g) Broca (véase Fig. 1.26) (h) Empleo del taladro.

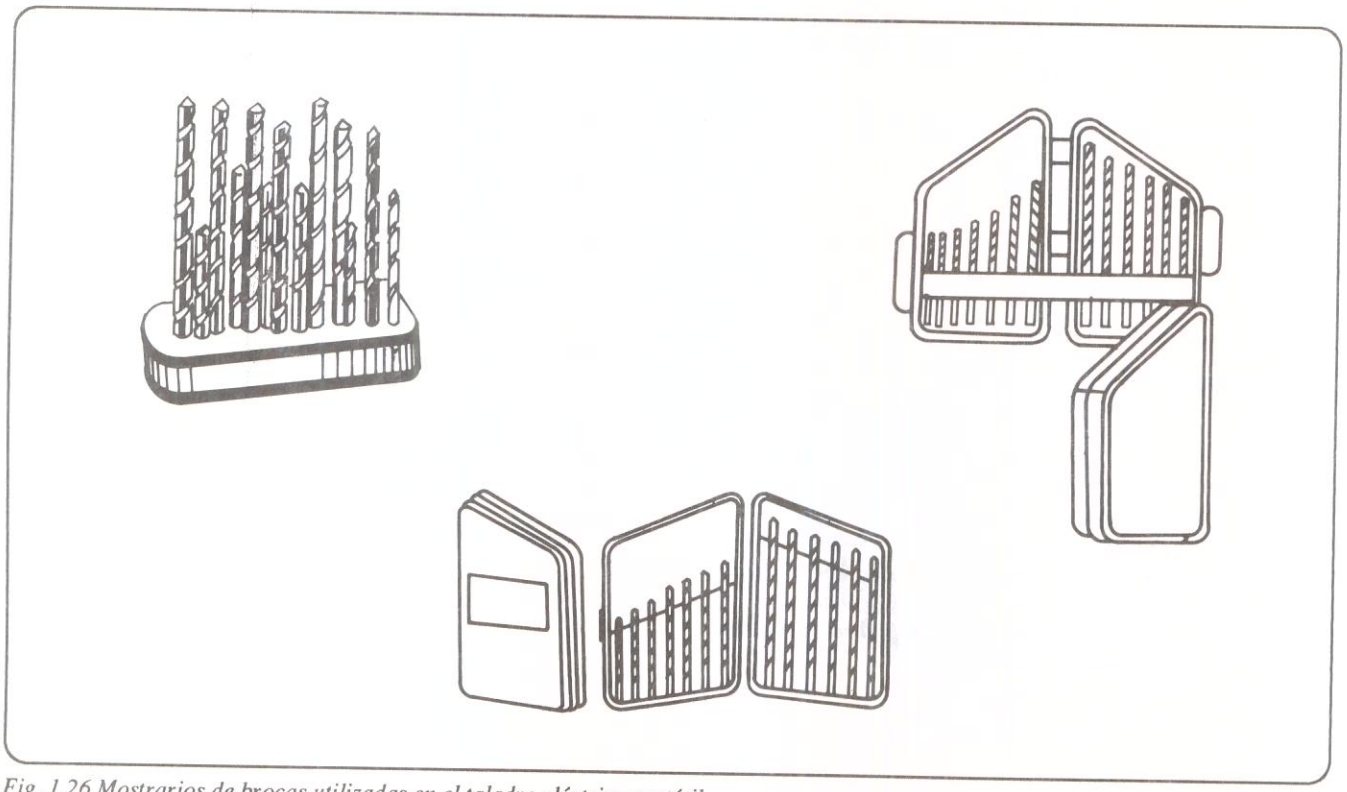


Fig. 1.26 Mostrarios de brocas utilizadas en el taladro eléctrico portátil.

1.15 PREGUNTAS PROPUESTAS:

1. Los destornilladores se fabrican básicamente para dos tipos de tornillos ¿Cuáles son?
2. Indique los pasos que debe seguirse para atornillar un tornillo.
3. Fundamentalmente, ¿para qué sirve un alicate?
4. ¿De qué material se fabrican los alicates de buena calidad?
5. Mencione los tipos de alicates más usados en los trabajos de taller (en electricidad).
6. Dibuje a escala 2:1, ocho tipos de alicates.
7. ¿Para qué se usa el martillo de cabeza blanda, en el área de la electricidad?
8. Dibuje a escala 3:1 un tipo de martillo de cabeza blanda.
9. ¿Para qué se usa el punzón, en el área de la electricidad?
10. Dibuje a escala 1:1 un tipo de punzón.
11. ¿Para qué se usa la cuchilla en los trabajos de electricidad?
12. Dibuje a escala 4:1 una cuchilla.
13. Busque una definición de metro.
14. Dibuje a escala 2:1 lo siguiente:

    a) Un doble metro plegable y b) Una cinta métrica.
15. Dibuje a escala 3:1 unas tijeras.
16. ¿Para qué se usa el nivel en los trabajos de electricidad?
17. ¿Para qué y cómo se usa la galga, en los trabajos de electricidad?
18. Explique cómo se utiliza el cautín eléctrico de cobre.
19. Explique cómo se utiliza la pistola para soldar.
20. Indique el nombre de cada una de las partes de un taladro de mano.
21. Indique el nombre de cada una de las partes de un taladro portátil.

UNIDAD II

MAGNETISMO Y ELETROMAGNETISMO

En esta unidad se estudian con conceptos básicos sobre magnetismo y electromagnetismo. Se analiza la Teoría de Guillermo Weber sobre el magnetismo. Se estudia el experimento de Oersted para establecer la relación magnetismo-electromagnetismo.

2.1 INTRODUCCION:

Un imán es una pieza de metal o una aleación especial que ejerce una fuerza de atracción a distancia o repulsión sobre los objetos hechos de hierro, níquel o cobalto.

Esta fuerza de atracción o de repulsión se llama magnetismo o fuerza magnética. Cuando el magnetismo hace un trabajo, se habla de energía magnética.

Los imanes y el magnetismo son de gran importancia para los técnicos y los científicos. Los motores, medidores, radios, televisores e incontables aparatos, de la energía magnética para funcionar.

2.2 TIPOS DE IMANES:

Los imanes se clasifican en tres grupos distintos: imanes naturales, imanes artificiales y electroimanes.

2.2.1 IMANES NATURALES:

La existencia de imanes naturales es conocida desde hace miles de años. Dichos imanes fueron vistos por vez primera en la provincia de Magnesia, en Grecia. Los imanes naturales son de color negruzco y castaño; son pedazos de óxido de hierro que parecen piedras (Fig. 2.1).

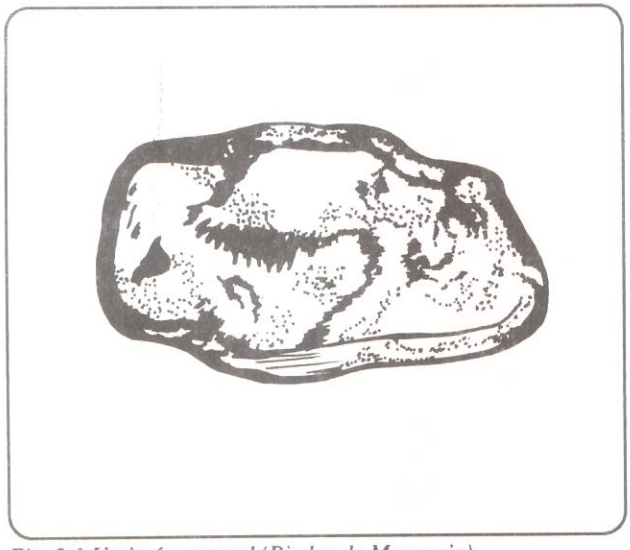


Fig. 2.1 Un imán natural (Piedra de Magnesia).

Estas piedras tienen una fuerza magnética débil que generalmente aumenta en sus extremos. La magnitud de la fuerza magnética varía grandemente de una piedra a otra. Los griegos de aquellos tiempos llamaron a esos pedazos de óxido de hierro Piedras de Magnesia, debido a la provincia en que fueron encontradas por primera vez.

El nombre científico para el hierro magnético es magnetita. Actualmente la magnetita se explota en muchas partes del mundo, para la producción del hierro. Sus propiedades magnéticas ya no son de importancia.

2.2.2 LOS IMANES ARTIFICIALES:

Los imanes artificiales se hacen de aleaciones de hierro, níquel y otros materiales. Estas aleaciones son magnetizadas en una forma especial durante el proceso de producción. Hoy en día, los imanes artificiales son cientos de veces más potentes que los débiles imanes naturales. Se fabrican en una gran variedad de formas y tamaños (Fig. 2.2), desde delgadas láminas para brújulas hasta grandes herraduras para aplicación en la industria. ¡Un imán de herradura de 7,25 kg. usado en aparatos de radar puede levantar 22 veces su propio peso! Los imanes artificiales podemos clasificarlos en permanentes y temporales. Los permanentes son aquellos cuya fuerza magnética perdura por largo tiempo.

2.2.3 LOS ELECTROIMANES:

Son imanes que se obtienen haciendo pasar una corriente por un conductor. En su forma más común, está hecho con una bobina de alambre aislado, devanado alrededor de un núcleo de hierro dulce.

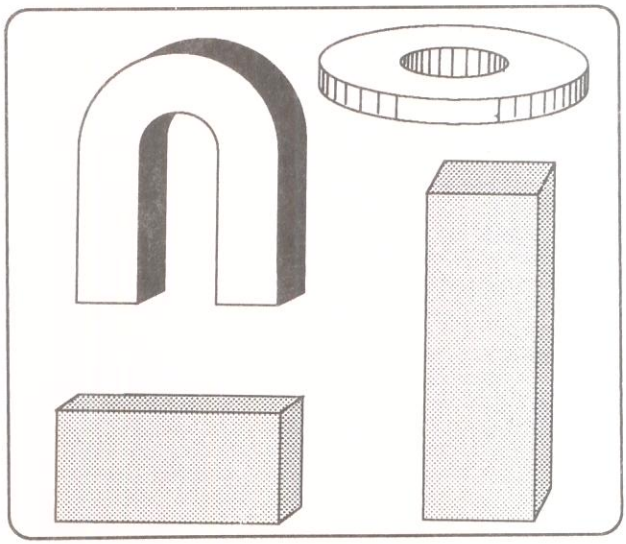


Fig. 2.2 Imanes artificiales.

2.3 POLOS DEL IMAN:

Si un imán se introduce en limadura de hierro, estas se adhieren más en ciertas zonas llamadas polos del imán. Los imanes artificiales tienen los polos en sus extremos (Fig. 2.3).

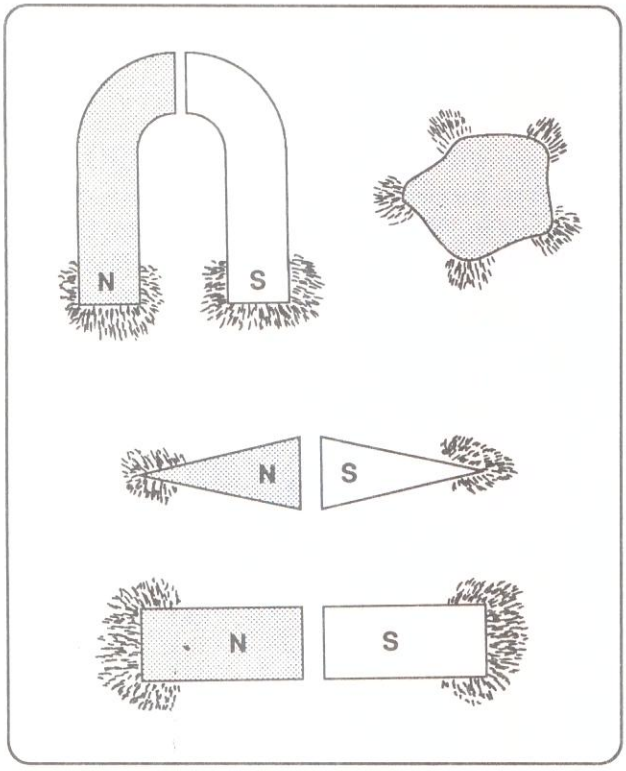


Fig. 2.3 Formas de imanes. Las zonas de mayor atracción, donde se adhieren las limaduras, se llaman polos del imán.

Si una barra-imán se cuelga por su centro de un hilo, después de algunas oscilaciones, termina por quedar en una dirección definida, aproximadamente la de norte-sur (Fig. 2.4-B). Esta propiedad se aprovecha en las brújulas.

Entonces:

El polo del imán que apunta al norte se llama POLO NORTE.
El polo del imán que apunta al sur se llama POLO SUR.

Cuando se acerca entre sí dos imanes, se puede notar atracciones y repulsiones (Fig. 2.4-A) que siguen la Ley siguiente:

POLOS DEL MISMO NOMBRE SE RECHAZAN.
POLOS DE NOMBRE CONTRARIO SE ATRAEN.

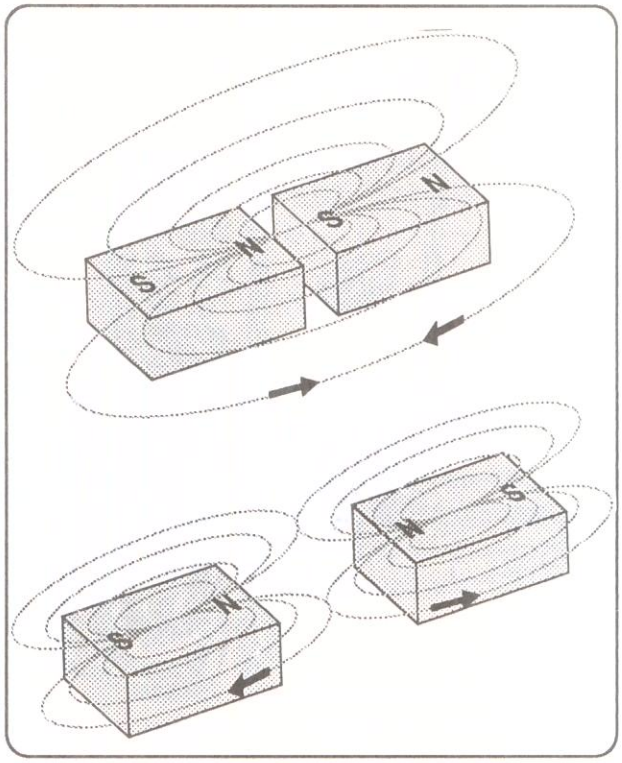


Fig. 2.4-A Fuerzas entre polos de imanes.

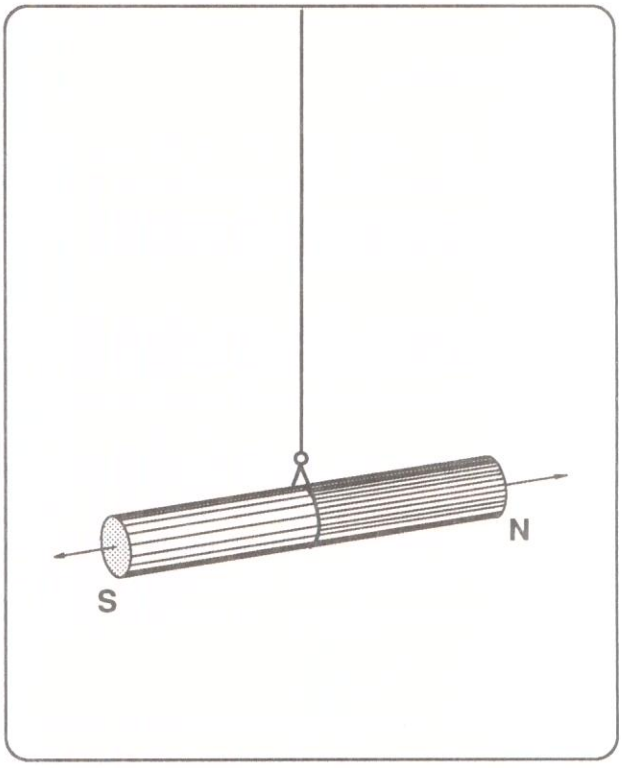


Fig. 2.4-B Barra imán colgada de un hilo.

Fig. 2.4-C Los chinos ya empleaban la piedra imán (MAGNETITA) para orientarse, desde el Siglo IX.

2.4 LA BRUJULA:

La propiedad que tienen los imanes de orientarse, se aprovecha en las brújulas (círculo en el cual gira una aguja imantada que señala el sur magnético de la tierra) (Fig. 2.5).

Las brújulas magnéticas conocidas en la actualidad, fueron inventadas en el año 1269 d. C. por el ingeniero y soldado romano Petrus Peregrinus.

En los 719 años que han transcurrido desde entonces, poco se le ha podido agregar al diseño original de Peregrinus. Ahora se usan brújulas más sensitivas, se calibran de forma diferente y se usan materiales modernos, pero el diseño permanece el mismo.

Observando una brújula, veremos que es un círculo en el que aparecen las cuatro letras N, S, E, O, que corresponde al Norte, Sur, Este y Oeste. Algunas veces aparecen en el círculo unas combinaciones de estas cuatro letras, tales como : NE, SE, SO, NO, que significan Nordeste, Sudeste, Sudoeste y Noroeste respectivamente, y que indican posiciones intermedias entre las dos letras que las forman. Por ejemplo, NE

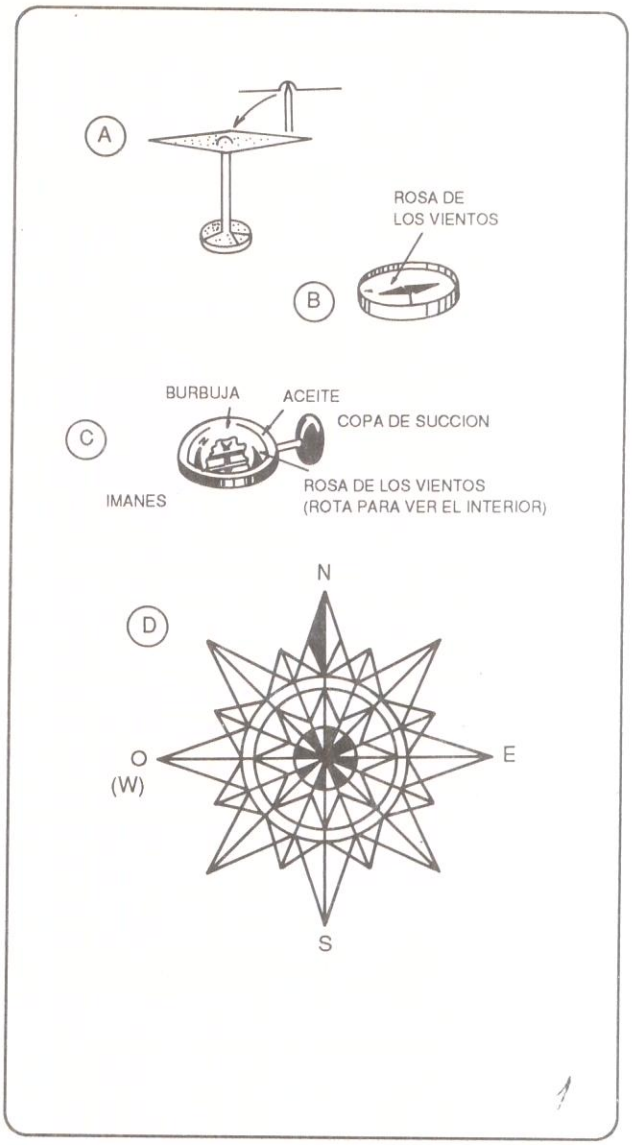


Fig. 2.5 (A) Brújula sencilla. (B) Brújula de bolsillo. (C) Brújula de automóvil. (D) Rosa de los vientos.

indica exactamente una posición media en el Norte (N) y Este (E).

En el centro del círculo hay una aguja magnética, apoyada sobre un soporte terminado en punta (Fig. 2.5-A), sobre el cual gira libremente cuando se halla en posición horizontal. De las dos mitades de la aguja imantada, una es de color azulado y la otra incolora, o bien es de un solo color y tiene, entonces, forma de flecha.

Para usar una brújula se instala sobre una mesa. La aguja magnética oscila unos segundos y luego se detiene en una dirección particular. Si se hace girar la base del aparato, de modo que la mitad azulada, o terminada en punta de flecha de la aguja

imantada, esté orientada exactamente en dirección N, marcada en el círculo. Se puede observar que cuando se hace girar el aparato, que la aguja imantada se orienta por sí misma y se detiene y apunta siempre en la misma dirección, dirigiéndose la punta de la flecha hacia el NORTE. Si se mira a lo largo de la aguja magnética, teniendo exactamente ante sí el Norte, se verá que el punto ESTE está colocado a la derecha de la aguja, el OESTE a su izquierda y el SUR opuesto al NORTE.

La brújula está también marcada con unos números, que vienen ordenados en el sentido en que giran las agujas de un reloj y que representan el ángulo de una dirección determinada respecto al NORTE (Fig. 2.6).

Así:

el ESTE dista 90° del NORTE
el SUR dista 180° del NORTE
el OESTE dista 270° del NORTE

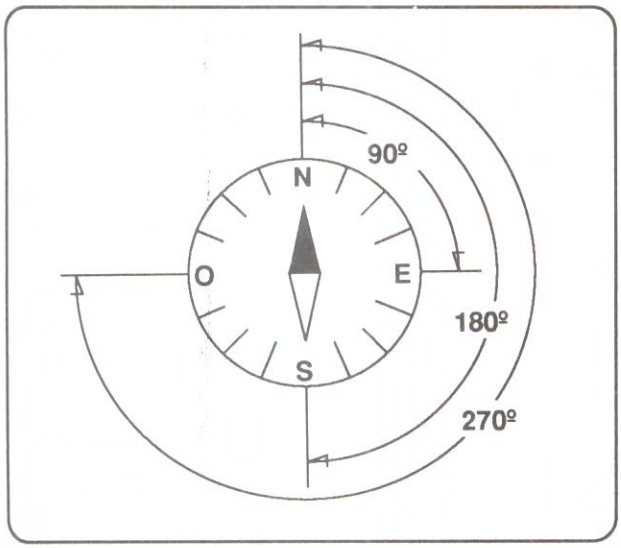


Fig. 2.6 Posiciones del E, S, y O con respecto al NORTE magnético de la tierra.

2.5 IMAN CORTADO:

Los polos de un imán no pueden existir libres. Si un imán se corta en dos partes (Fig. 2.7), se obtienen dos imanes, cada uno con sus respectivos polos.

Si se prosigue la división, siempre aparecen dos polos opuestos, en cada pedazo que se obtenga, es decir:

SOLO PUEDEN EXISTIR DIPOLOS (UN POLO NORTE Y UN POLO SUR, AMBOS CON LA MISMA INTENSIDAD)

2.6 POLARIZACION (O "INDUCCION") MAGNETICA:

Un clavo atraído por un imán se imanta a su vez, y puede formar con otros una cadena (Fig. 2.8). Cada clavo adquiere un polo **NORTE** y otro **SUR**. Este fenómeno se llama polarización por inducción magnética. No es necesario que el clavo esté en contacto con el imán para que se polarice (Fig. 2.8); basta que esté cerca.

Al alejar el imán, el magnetismo inducido en los clavos desaparece de inmediato o en un corto tiempo.

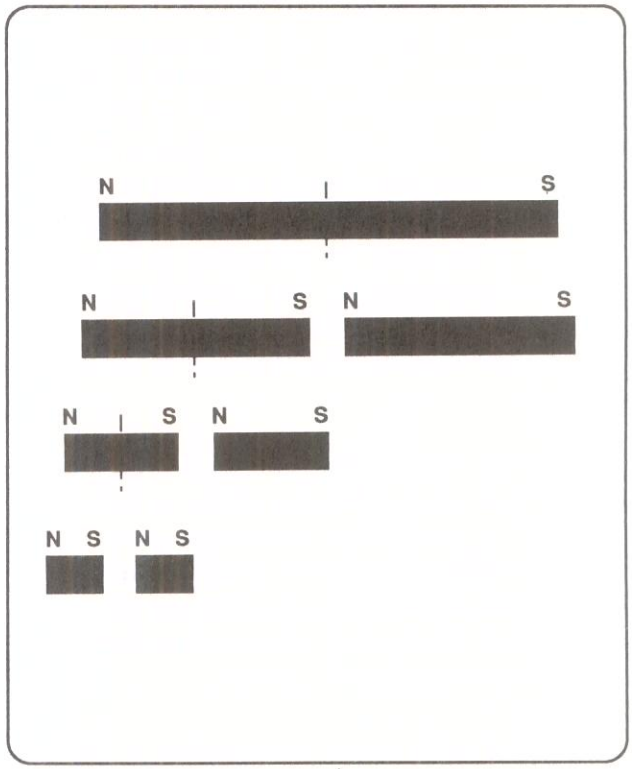


Fig. 2.7 Imán cortado.

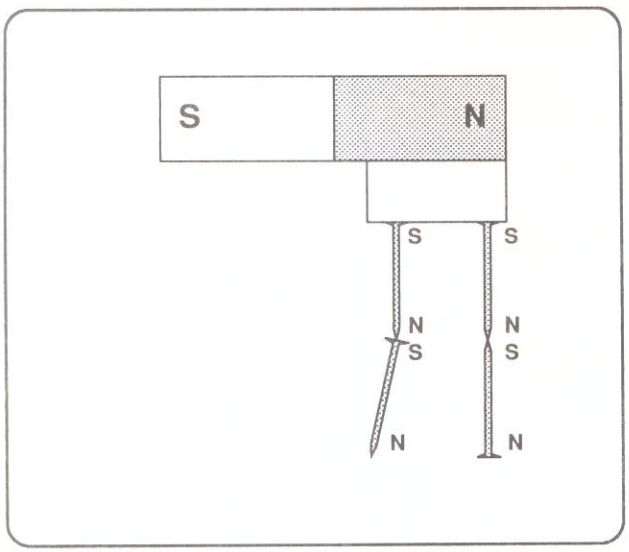


Fig. 2.8 Imantación por influencia a través de un pedazo de madera.

2.7 CAMPO MAGNETICO:

La zona que rodea un imán se llama **campo magnético**.

El campo magnético "puede hacerse" visible con limaduras de hierro (Fig. 2.9), que forman cadenas de polarización. Las figuras obtenidas, llamadas **espectros magnéticos,** representan el campo magnético alrededor de los imanes. Si en el campo se coloca una pequeña brújula en diferentes lugares, puede comprobarse que siempre quedan en posición tangente a las líneas formadas por las limaduras. Estas líneas representan las **llamadas líneas de fuerza magnética**, y su sentido es -por convención- el indicado por el Norte de la brújula, lo que equivale a decir que:

Las líneas de fuerza magnéticas "salen" del norte del imán y "llegan" al sur del mismo.

Además, se conviene en que: **El número de líneas de fuerza magnética que atraviesan la unidad de área (o flujo magnético) representan la intensidad del campo magnético.**

Así donde el campo magnético es débil, las líneas de fuerza magnética quedarán muy separadas, y dónde sea intenso, quedarán muy próximas.

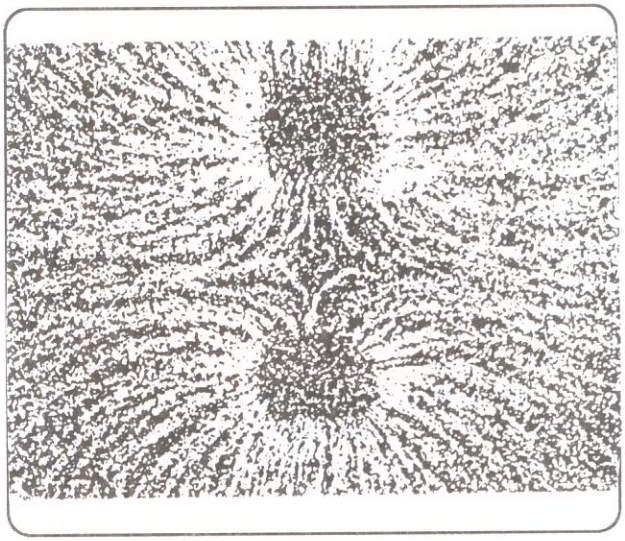


Fig. 2.9-A.

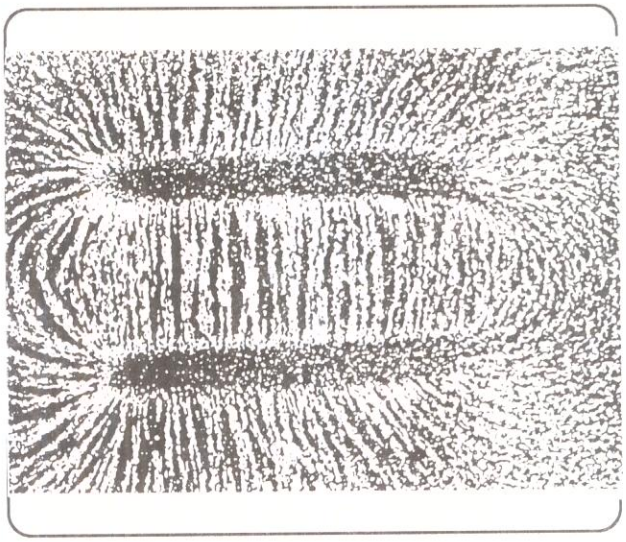


Fig. 2.9-B.

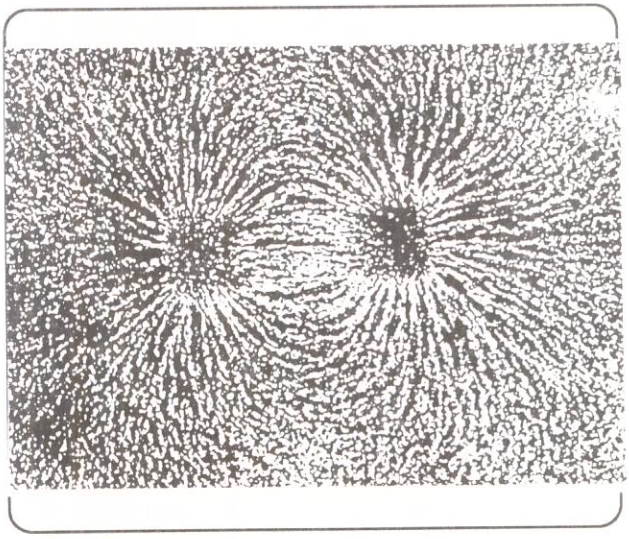


Fig. 2.9 Colocando una lámina de cristal sobre los imanes y espolvoreando limadura de hierro encima del cristal y dándole golpecitos ligeros, las limaduras se ordenan en líneas, formando unas figuras llamadas espectros magnéticos: (A) De una barra imán, (B) De un imán herradura, (C) De dos polos diferentes enfrentados.

2.8 TEORIA DE WEBER:

(**Guillermo Weber** (1804-1891), físico alemán).

Los metales magnéticos (hierro, níquel, cobalto...) están formados por pequeños imanes moleculares (Fig. 2.10-A). Cuando barras de estos metales se sumergen en un campo magnético, los imanes moleculares girarán parcialmente primero (Fig. 2.10-B) y totalmente después, se alinean en el campo, en cuyo caso las barras quedan imantadas por completo o, como se dice, **saturadas** (Fig. 2.10-C).

Cuando desaparece el campo inductor, debido a la agitación molecular, rápidamente se desordenan los átomos y desaparece la imantación, excepto en ciertas aleaciones del acero con aluminio, níquel, cobalto, tierras raras, etc., que al conservar el orden molecular, quedan permanentemente imantadas. Los imanes llamados permanentes, están fabricados con estas aleaciones.

Si un imán permanente se calienta o se golpea, el aumento de agitación molecular o la vibración ayudan a desordenar los imanes moleculares y el imán se desimanta. Recíprocamente la vibración puede ayudarlos a imantarse cuando están desimantados en un campo magnético.

Una aguja de acero desimantada, puede imantarse frotándola en un solo sentido con un mismo polo de un imán; colocándolo entre los polos opuestos de dos imanes o entre los polos de un imán de herradura. Golpes ligeros ayudan a la imantación (Fig. 2.11).

2.9 CUERPOS MAGNETICOS O MATERIALES MAGNETICOS:

Con respecto a su comportamiento, en un campo magnético las sustancias se clasifican en:

Materiales ferromagnéticos
Materiales paramagnéticos
Materiales diamagnéticos

2.9.1 MATERIALES FERROMAGNETICOS:

Son aquellas sustancias a las que atraen fuertemente los dos polos magnéticos (Fig. 2.12). También se puede decir que, en una sustancia ferromagnética las líneas de fuerza pasan mucho más fácilmente por la sustancia que por el vacío (Fig. 2.13-A).

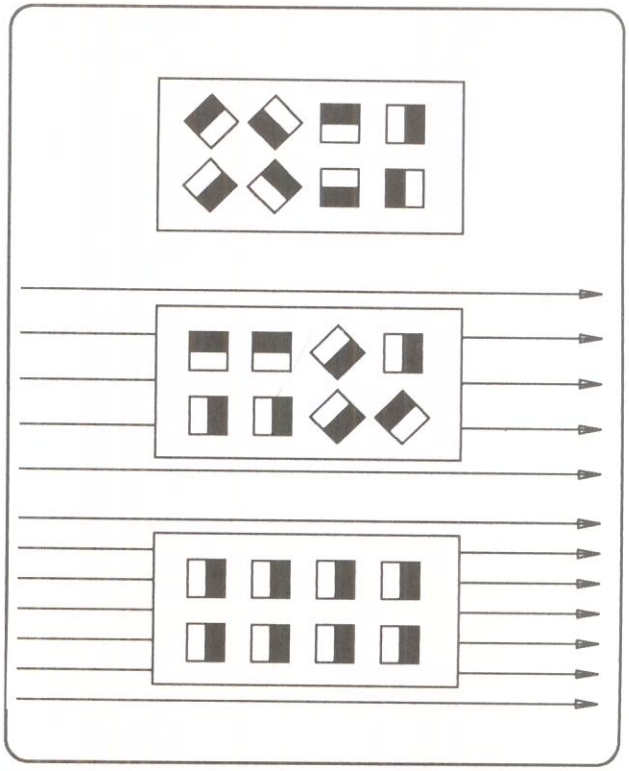


Fig. 2.10 Teoría de Weber. Cada cuadro representa un imán molecular, cuya mitad negra es el norte. Las líneas blancas representan el campo magnético inductor.

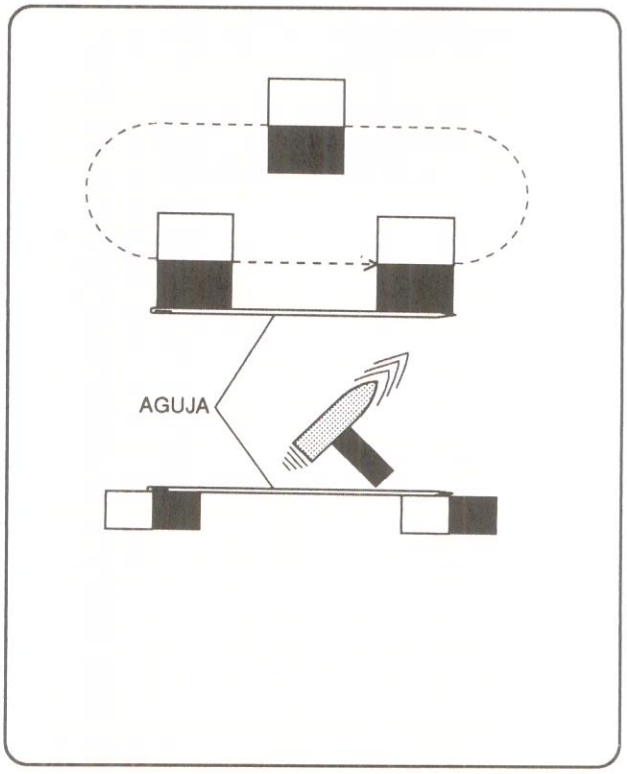


Fig. 2.11 Dos formas de imantar una aguja.

Las sustancias ferromagnéticas se comparan igual que el hierro en el campo magnético. Los materiales ferromagnéticos son: **hierro, níquel, cobalto** y muchas de sus aleaciones.

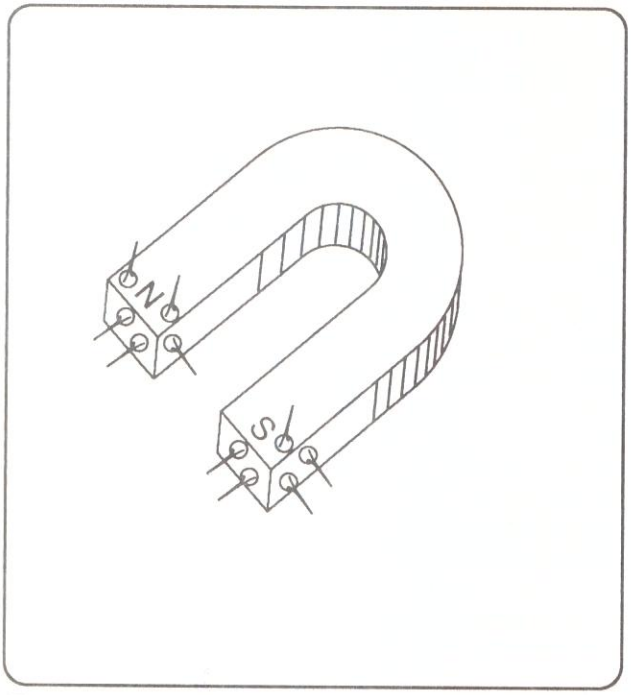


Fig. 2.12 Tachuelas de hierro atraídas por ambos polos de un imán.

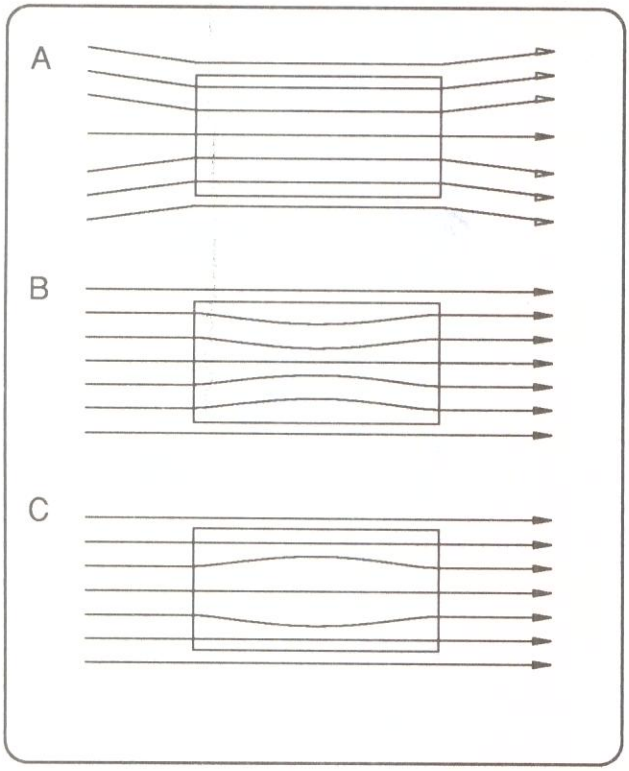


Fig. 2.13 Cuerpos o sustancias magnéticas:
(A) Ferromagnéticos
(B) Paramagnéticos
(C)Diamagnéticas

2.9.2 MATERIALES PARAMAGNETICOS:

Los materiales paramagnéticos también son atraídos por los polos de un imán, pero con **mucho menos intensidad** que las sustancias ferromagnéticas. También podemos decir que en una sustancia paramagnética las líneas de fuerza del campo magnético pasa **algo más fácilmente** por la sustancia que por el vació (Fig. 2.13-B). Si una varilla de materia paramagnética se suspende entre los polos de un imán de herradura, se alineará **paralelamente a las líneas de flujo**. La fuerza de atracción ejercida sobre la varilla, la alinea con las líneas de fuerza magnética, pero es demasiado débil para poder moverla hacia los polos (Fig. 2.14).

Algunos de los materiales paramagnéticos son: **magnesio, cromo, titanio.**

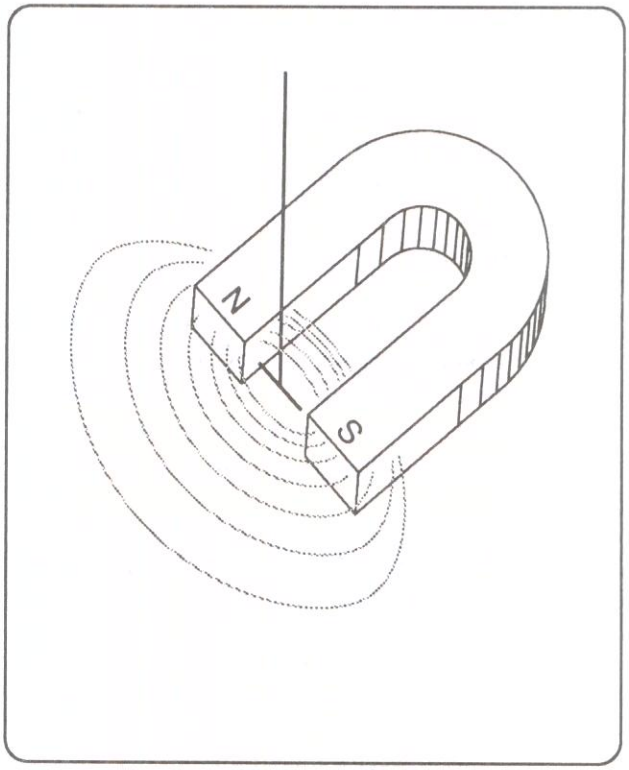


Fig 2.14 La varilla alinea paralelamente a las líneas de fuerza del flujo magnético.

2.9.3 MATERIALES DIAMAGNETICOS:

Los materiales diamagnéticos escasamente magnetizables. También podemos decir que en una sustancia diamagnética, las líneas de fuerza del campo magnético pasan **algo más difícilmente** por la sustancia que por el vacío (Fig. 2.13-C). Si una

sustancia diamagnética en forma de varilla se coloca entre los polos de un imán de herradura, **se alineará cruzada con las líneas de fuerza**, porque es repelida por los dos polos del imán (Fig. 2.15). Algunas de las muchas sustancias diamagnéticas son: **bismuto, antimonio, zinc, plomo, plata y cobre.**

La mayor parte de las sustancias son o diamagnéticas o paramagnéticas; quedan solamente el **hierro, níquel, cobalto** y algunas aleaciones incluidas en las ferromagnéticas. Las razones del comportamiento de los materiales paramagnéticos es un campo magnético, están en el **arreglo y estructura de sus átomos.**

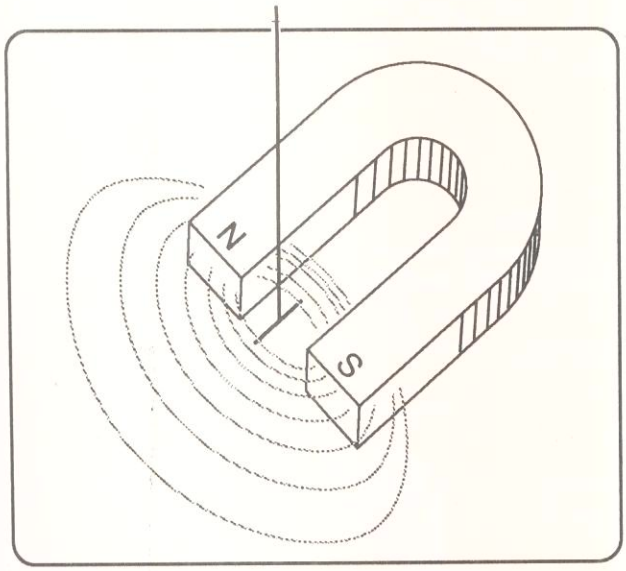


Fig. 2.15 La varilla se alineará cruzada con las líneas de fuerza del flujo magnético.

2.10 PANTALLA MAGNETICA:

Si un anillo de hierro dulce (hierro puro), de espesor suficiente, se coloca en un campo magnético, como es mucho más permeable a las líneas de fuerza magnéticas que el aire (**la permeabilidad es una propiedad específica de todos los materiales ferrosos. La permeabilidad de un material es su habilidad para concentrar líneas de flujo magnético. Entonces a mayor permeabilidad de un material, mayor cantidad de líneas de flujo puede conducir**), éstas no penetran en el hueco (Fig. 2.16) lo que se demuestra porque, al hacer su espectro magnético, las limaduras de hierro quedan allí desordenadas.

Esta propiedad es utilizada para aislar ciertos aparatos, de la influencia de un campo magnético. Muchos instrumentos delicados no funcionan

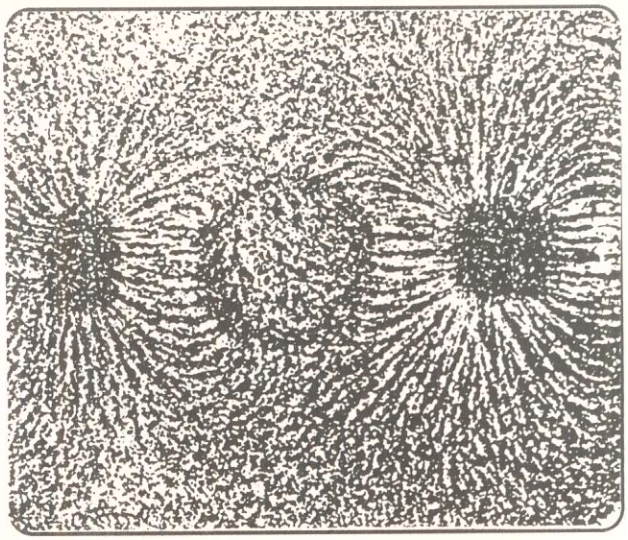


Fig. 2.16 Pantalla magnética. Nótese la desorientación de las limaduras en el centro del anillo.

correctamente cuando actúan en ellos las líneas de fuerza. Relojes de gran exactitud, medidores de previsión y muchos otros aparatos de laboratorio son afectados de las líneas de fuerza magnéticas **encerrándolos** en cajas de hierro dulce.

Como el hierro es un conductor perfecto de las líneas de flujo, éstas se concentran dentro del hierro, manteniendo al instrumento libre de la fuerza magnética.

En la figura 2.17 se muestra un anillo de hierro dulce protegiendo a una brújula de la fuerza de un imán cercano. Para quedar completamente a salvo de las fuerzas magnéticas, el aparato debe estar totalmente encerrado en hierro dulce, y construído de materiales no magnéticos (materiales magnéticos son aquellos que son atraídos fuertemente por los polos de imán. Un sinónimo de "materiales magnéticos" es "materiales ferrosos". Materiales no magnéticos son sustancias cuya atracción o repulsión, por los polos de un imán, es tan débil que no puede detectarse bajo condiciones prácticas. Un sinónimo de "materiales no magnéticos" es "materiales no ferrosos". Los técnicos justifican esta clasificación indicando que el paramagnetismo y el diamagnetismo de las sustancias no magnéticas no tienen importancia en equipos prácticos, puesto que sus instrumentos no detectan la débil reacción de estas sustancias).

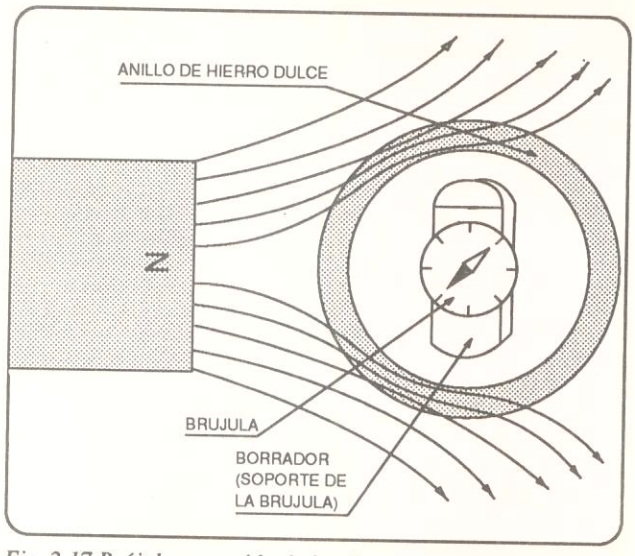


Fig. 2.17 Brújula protegida de las líneas de fuerza magnética.

2.11 EL MAGNETISMO TERRESTRE:

Alrededor del año 1100 antes de cristo, un investigador desconocido descubrió una propiedad rara de las "piedras de Magnesia". Encontró que una barra o varilla de piedra magnética siempre giraba a una acierta dirección, cuando se colgaba de un cordón. Observó cómo una fuerza invisible y desconocida obligaba a la piedra a apuntar siempre al mismo punto, aproximadamente en la dirección de la **Estrella Polar** (Fig. 2.18). Este descubrimiento fue de gran importancia, porque la Estrella Polar era al guía segura en los océanos (los marinos medievales llamaban a esta estrella **Estrella Guía,** que significa una estrella que muestra el camino).

Aunque los marinos medievales no sabían qué obligaba a las piedras magnéticas a indicar aproximadamente la dirección de la"Estrella Guía", pudieron usar esta brújula hecha de esas piedras.

La brújula era un vaso de madera o barro con agua en su interior. Una piedra de Magnesia, algo larga, se colgaba sobre un madero que a su vez flotaba en el agua del vaso. La piedra magnética tenía libertad para girar, apuntando con el **mismo estreno** siempre hacia la estrella guía (Fig. 2.19). Este extremo fue pintado o marcado para mostrar la posición de la estrella en cualquier tiempo.

En el año de 1600 después de Cristo, el físico inglés **William Gilbert** publicó un libro titulado **De Madnete**, en el que anota el resultado de muchos años de experimentación con el magnetismo. Este libro

Fig. 2.18 Piedra de Magnesia colgando de un hilo.

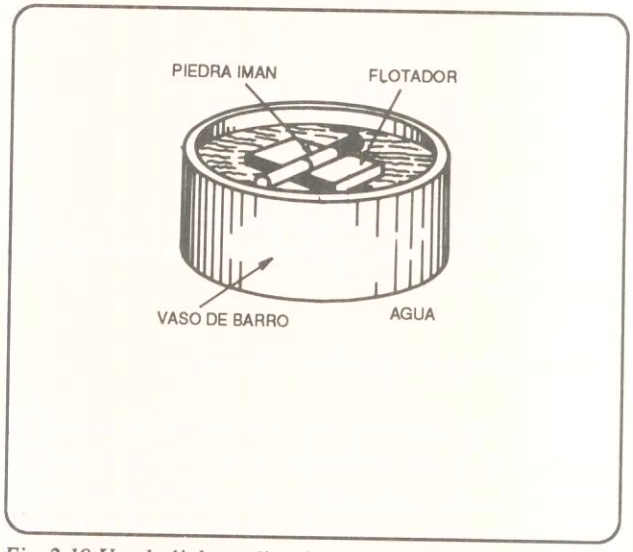


Fig. 2.19 Una brújula medieval.

colocó las bases de nuestros actuales conocimientos de magnetismo. El gran descubrimiento de Gilbert consistió en que **la Tierra ejerce una fuerza magnética sobre los objetos de hierro.**

Los experimentos de Gilbert lo llevaron a la suposición de que el magnetismo terrestre se debe a un pequeño pero muy potente imán que está en el **centro de la Tierra**. La fuerza invisible de este **superimán** esta concentrada en las cercanías de los polos **geográficos** de la tierra.

La fuerza actúa sobre la aguja magnética de una brújula y la obliga a apuntar hacia el norte, casi en la dirección del polo norte geográfico de la tierra. Los puntos donde está concentrada la fuerza magnética de la Tierra se llaman **polos magnéticos**.

El **Polo Sur Magnético** se localiza, aproximadamente, a 1.600 km. del Polo Norte Geográfico, al norte de Canadá.

El **Polo Norte Magnético** se localiza, aproximadamente, a 2.500 km. del Polo Sur Geográfico, en la región Antártida, cerca de América del Sur (Fig. 2.20).

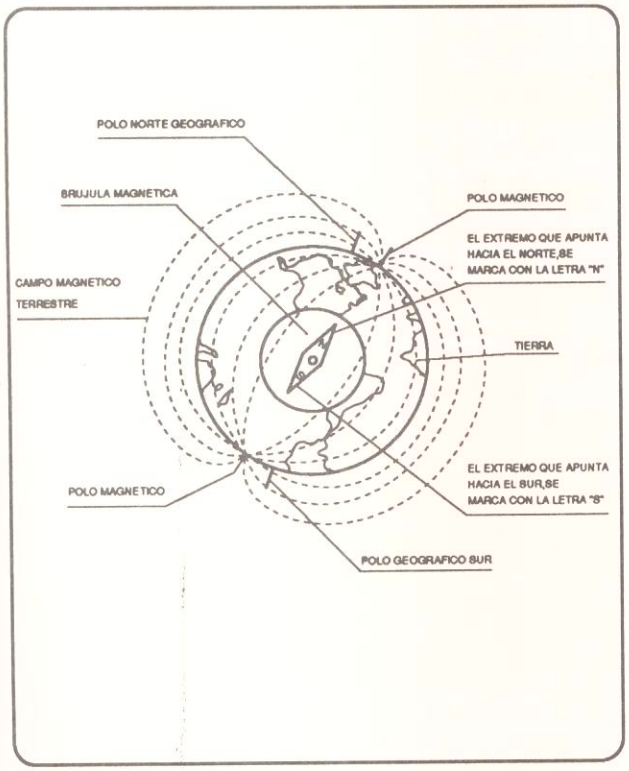


Fig. 2.20 Acción de la fuerza magnética de la Tierra (sobre las brújulas).

2.12 EXPERIMENTO DE OERSTED:

Los científicos de los siglos XVII y XVIII supusieron la existencia de un íntimo enlace entre electricidad y magnetismo. Mucho se investigó en estos dos siglos, tratando de convertir la energía eléctrica en magnética. Más no lo lograron.

El el año 1819, un profesor de física, **Hans Christian Oersted** (1777-1851), danés que fundó el electromagnetismo por su descubrimiento de que una aguja imantada se desplaza en ángulo recto al paso de una corriente eléctrica. Logró uno de los principales descubrimientos del Siglo XIX, cuando convirtió **la electricidad en magnetismo**.

Oersted en un experimento ante sus alumnos (Fig. 2.20-A), para demostrar que no había interacción entre el magnetismo y la electricidad, acercó un alambre con corriente eléctrica, paralelamente a una brújula, y quedó perplejo al ver moverse la brújula hasta colocarse perpendicularmente al alambre: **¡Se había descubierto la relación entre la electricidad y el magnetismo!**

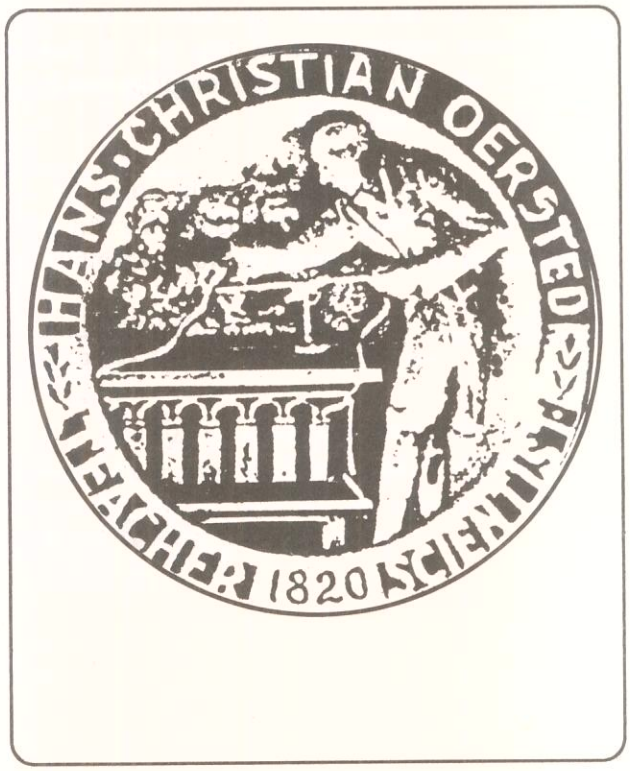


Fig. 2.20-A Oersted en un experimento ante sus alumnos.

El experimento de Oersted probó, sin lugar a dudas, (aunque ésta no era la intención del científico) que: **La fuerza magnética alrededor de un conductor, en el cual está fluyendo una corriente eléctrica, es causada por los electrones en movimiento**. Para distinguir el magnetismo causado por un imán natural o artificial, del causado por una corriente de electrones, Oersted llamó a este último **electromagnetismo**. El simple experimento de Oersted dio la base para construir una industria nueva, actualmente de tamaño gigantesco (motores, generadores y un sin múmero

de artefactos eléctricos de motor).

2.13 CAMPO MAGNETICO DE UNA CORRIENTE ELECTRICA LINEAL:

Una corriente muy intensa se hace pasar por el alambre vertical (Fig. 2.21), que atraviesa un cartón horizontal. Se espolvorea en el cartón limaduras de hierro, éstas se ordenan formando círculos concéntricos con el alambre (estos círculos forman ángulo recto con el conductor).

Unas pocas pequeñas brújulas magnéticas colocadas en un círculo, alrededor del conductor de corrientes (Fig.2.22-A), mostrarán que las líneas de fuerza concéntricas actúan en una dirección definida (por acuerdo internacional se dice que **la fuerza magnética en la dirección en que empuja a un Polo Norte libre para moverse**).

Cuando la dirección de la corriente de electrones, que fluye a través del conductor, se invierte, la orientación de las agujas de las brújulas también se invierte (Fig. 2.22-B).

La dirección de la fuerza magnética que actúa alrededor de un conductor que lleva corriente depende de la dirección del flujo de electrones. La figura 2.22 muestra la relación entre la dirección de la corriente de electrones y la dirección de la fuerza magnética resultante.

Los técnicos que deben conocer con frecuencia la dirección de la fuerza electromagnética que actúa alrededor de un conductor emplean una regla sencilla para recordar esa dirección: la regla de la mano izquierda. Para aplicar la **REGLA DE LA MANO IZQUIERDA**, tome el conductor aislado como muestra la figura 2.23. Dicha regla puede enunciarse así:

Si el dedo pulgar de su mano izquierda apunta en la dirección del flujo de electrones, los

---

Nota: En la unidad titulada "Reparación de Artefactos Electrodomésticos" se profundiza en el estudio de los motores y los generadores.

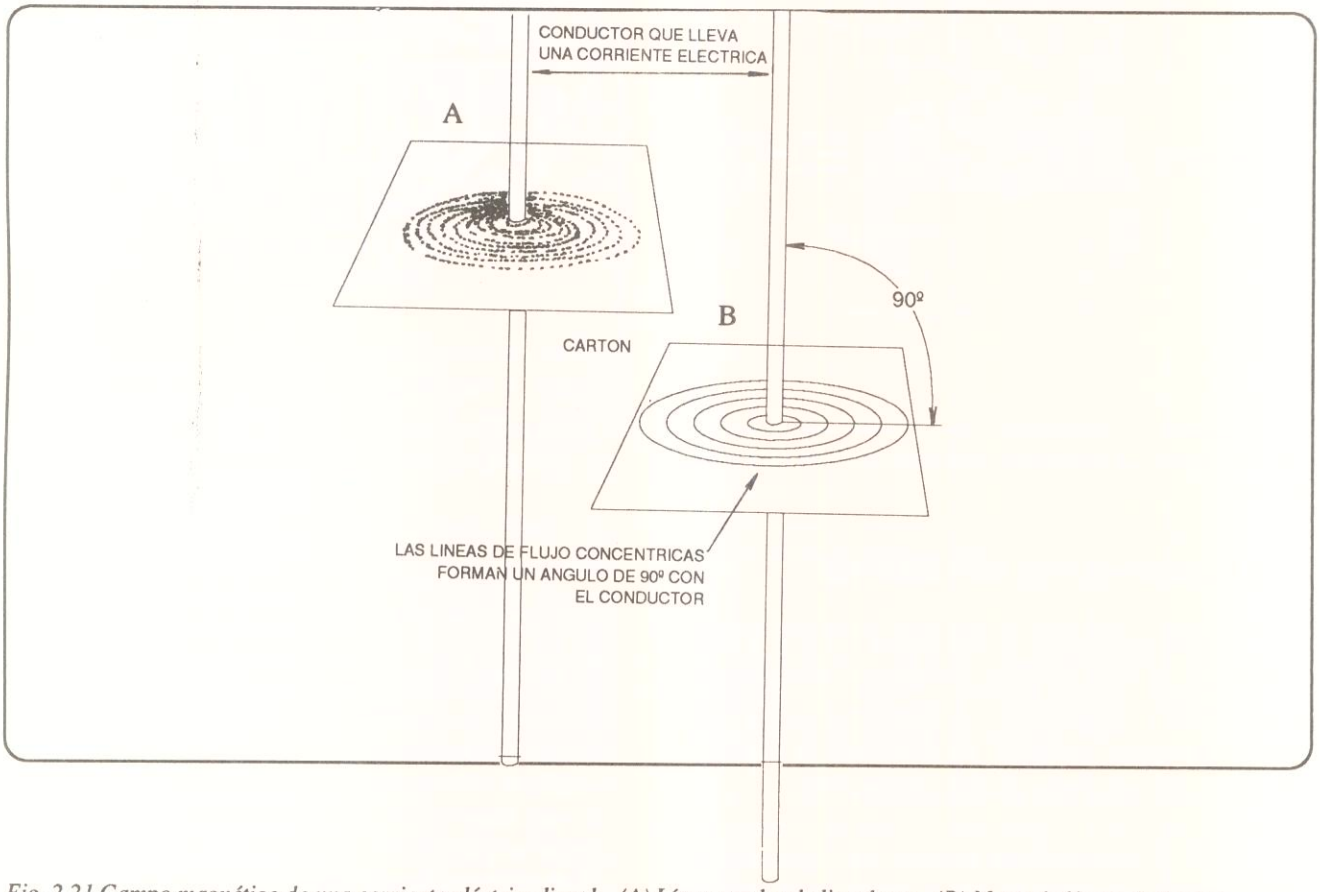


Fig. 2.21 Campo magnético de una corriente eléctrica lineal . (A) Líneas reales de limaduras. (B) Mapa de líneas de fuerza.

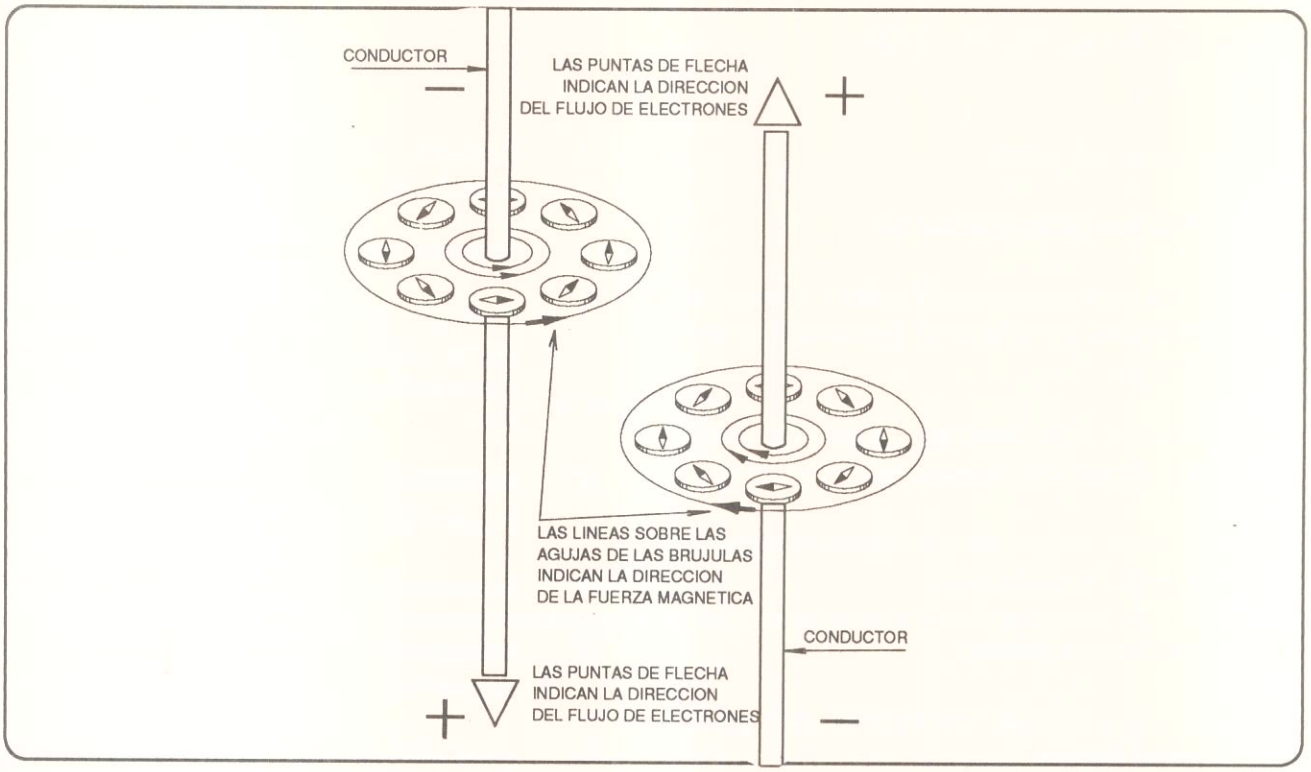


Fig. 2.22 Dirección del flujo de electrones vs. dirección de la fuerza magnética.

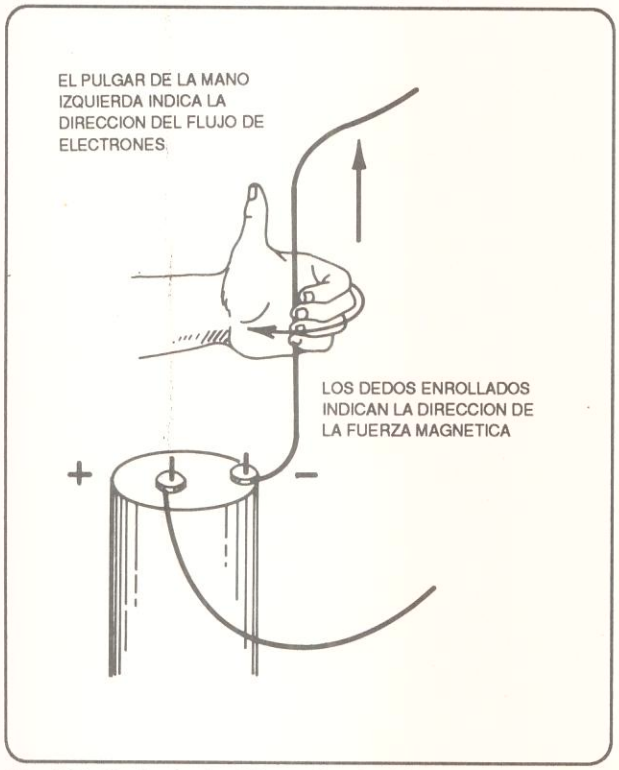


Fig. 2.23 Regla de la "Mano Izquierda", para conductores simples.

dedos que rodean al alambre apuntan en la dirección de la fuerza magnética.

También se puede utilizar la Regla de la Mano Derecha, que al respecto dice:

Se toma el conductor con la mano derecha, con el pulgar extendido sobre el conductor: si los dedos indican el sentido del campo, el pulgar indica el sentido de la corriente.

2.14 PREGUNTAS PROPUESTAS:

1. ¿Qué es un imán?
2. ¿Qué son imanes naturales?
3. ¿Qué son imanes artificiales? Hacer la distinción entre un imán permanente y uno temporal.
4. ¿Qué es un electroimán? ¿Cuál es la forma más común de construcción?
5. Enuncie cómo se atraen o rechazan los polos magnéticos de un imán.
6. ¿Qué es una brújula?
7. Explique la frase "en un imán sólo puede existir dipolos".
8. ¿Qué es la polarización magnética?
9. ¿Qué es un campo magnético?
10. Explique cómo se obtienen los espectros magnéticos.
11. Explique, brevemente, al teoría de Weber.
12. Explique, brevemente, al diferencia entre cuerpos ferromagnéticos, para magnéticos y diamagnéticos. Indique ejemplos de cada tipo.
13. Explique, como funciona una pantalla magnética.
14. Enuncie el descubrimiento de William Gilbert.
15. Describa el experimento de Oersted. ¿Qué se demuestra con él?
16. ¿Que dice la Regla de la Mano Izquierda? Haga un esquema.
17. ¿Qué dice la Regla de la Mano Derecha?

UNIDAD III

TEORIA ELECTRONICA Y EL ATOMO

En esta unidad se estudian aspectos importantes de la física nuclear y las características de algunas partículas elementales.

3.1 EL ATOMO

3.1.1 FISICA ATOMICA:

Después del descubrimiento del electrón y de las famosas experiencias de Rutherford que condujeron al descubrimiento del protón y del núcleo atómico, se concluyó que los átomos estaban constituidos por un **núcleo** positivo formado por protones y una corteza negativa formada por electrones en el mismo número que el de protones del núcleo, para que el átomo sea eléctricamente neutro.

Mas tarde, con el descubrimiento del neutrón, se completó esta imagen del átomo, pensando que en el núcleo, además de haber protones, había también neutrones para completar la masa nuclear que se había observado experimentalmente.

Los neutrones no tienen carga eléctrica. Por lo tanto, no desempeñan ningún papel en la interacción entre le núcleo atómico y los electrones, ya que esta interacción es exclusivamente de tipo electromagnético.

El núcleo atómico y los electrones de su alrededor son cuerpos cargados eléctricamente. Se manifiesta entre uno y otro una **fuerza electrostática o de coulomb**. Como la carga del núcleo es positiva y la de los electrones es negativa, dicha fuerza es de atracción al igual que la fuerza gravitatoria entre el Sol y sus planetas.

Además, ambas fuerzas, la de Coulomb y la de Newton, son inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia entre los cuerpos que las experimentan. Rutherfod pensó que el átomo sería semejante a un sistema planetario en miniatura (Fig.3.1), donde el núcleo haría el papel del Sol y los electrones el de los planetas girando a su alrededor.

Sin embargo, el físico danés Niels Bohr (1855-1962) advirtió que esta semejanza no podía ser completa, ya que de ser así, los electrones, por ser cargas eléctricas en movimiento acelerado, estarían radiando energía electromagnética a costa de su propia energía cinética y, por lo tanto, irían poco a poco perdiendo velocidad y cayendo hacia el núcleo en trayectorias en forma de espirales hasta desplomarse completamente sobre él (Fig. 3.4).

Esto significaría un derrumbe de toda la arquitectura de los átomos y, por lo tanto, de las moléculas y de los cuerpos que estas forman, lo que es contrario a la estabilidad que constantemente observamos en los cuerpos que nos rodean.

Es así como se llega a la conclusión de que un sistema microscópico como es el átomo, no puede

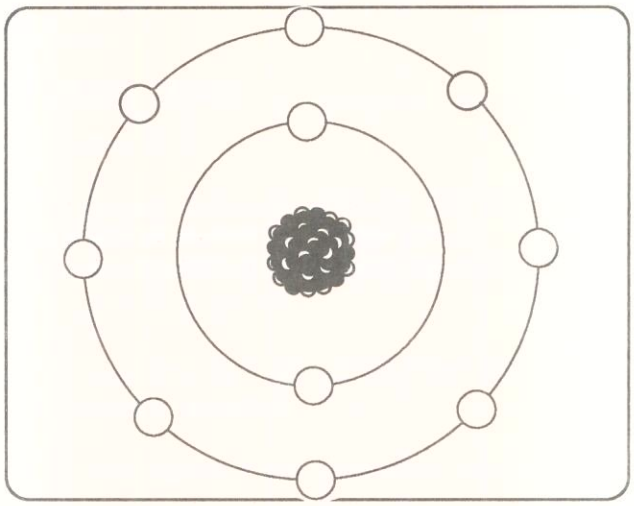


Fig. 3.1 Modelo planetario de Rutherford para el átomo de Neón (Z = 10).

estar regido por las mismas leyes clásicas de la mecánica y del electromagnetismo que rigen a los sistemas macroscópicos. Es en el estudio del átomo, es decir, en la Física Atómica, donde la nueva mecánica cuántica tiene su mayor éxito, ya que con ella se explica perfectamente lo que antes se tenía por inexplicable.

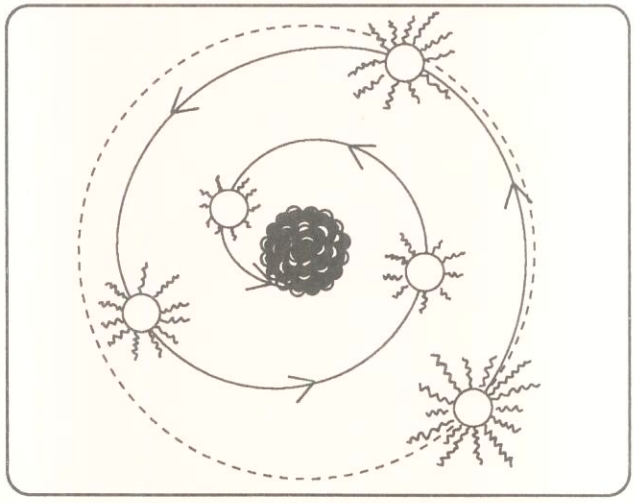


Fig. 3.2 Un electrón al irradiar energía se desplomaría sobre el núcleo.

3.1.2 LOS ELECTRONES EN EL ATOMO:

Además de los ya citados, Bohr y Dirac, fueron los físicos austriacos **Erwin Schroedinger** (1887-1961) y **Worgan Pauli** (1900-1958) y el alemán **Werner Heisemberg** (1901 - 1976) los que más contribuyeron al estudio de la nueva mecánica y a su aplicación al comportameinto de los electrones en el interior de los átomos.

Gracias al trabajo de éstos y otros grandes físicos se ha llegado a tener, actualmente, una idea bastante justa de lo que sucede en el interior de los átomos, idea que se resume en los siguientes términos:

1. Los electrones dentro del átomo no tienen cualquier energía. Poseen solamente ciertos valores característicos que se ordenan en niveles o escalones numerados en orden creciente E1, E2, E3, etc. A cada estado posible del electrón le correponde una energía bien definida (Fig. 3.3). El estado de menor energía se llama **estado básico** y los demás se llaman estados excitados.

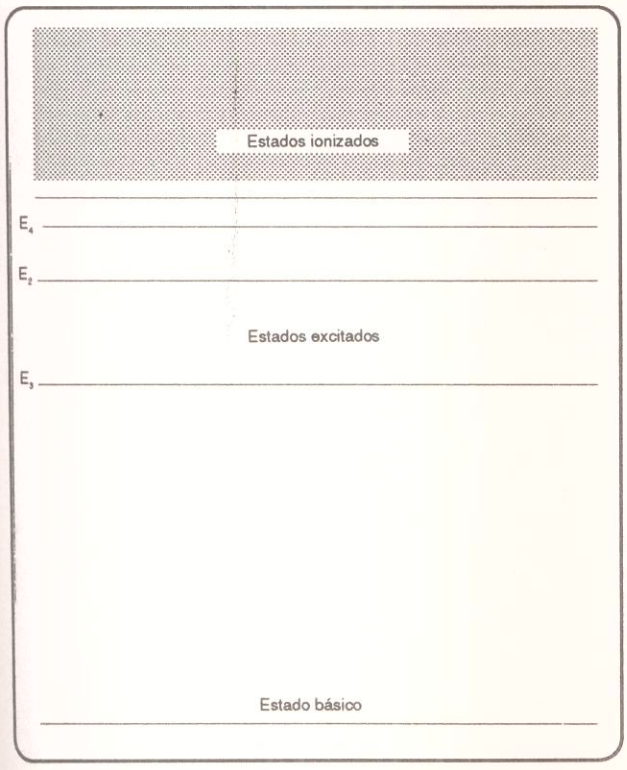


Fig. 3.3 Niveles de energía del átomo de hidrógeno.

2. No hay dos o más electrones en el mismo estado, es decir, que tengan su energía y demás características dinámicas iguales. Este es el llamado principio de exclusión de Pauli y limita el número de electrones que pueden existir con la misma energía, colocados en el mismo nivel energético (Fig. 3.4).

3. Mientras un electrón permanece en un cierto estado característico, no irradia energía, es decir, no emite ondas electromagnéticas, ya que de hacerlo así, su energía cambiaría y el electrón pasaría a ocupar un estado diferente.

4. En cambio, si el átomo recibe energía del exterior, por ejemplo, la llegada de un fotón, dicho fotón es absorbido por uno de los electrones del átomo, se excita, haciendo que el electrón que absorbe dicha energía suba de su estado inicial a un estado final de energía superior (Fig. 3.5). Por el contrario, si uno de los electrones del átomo, baja de un estado

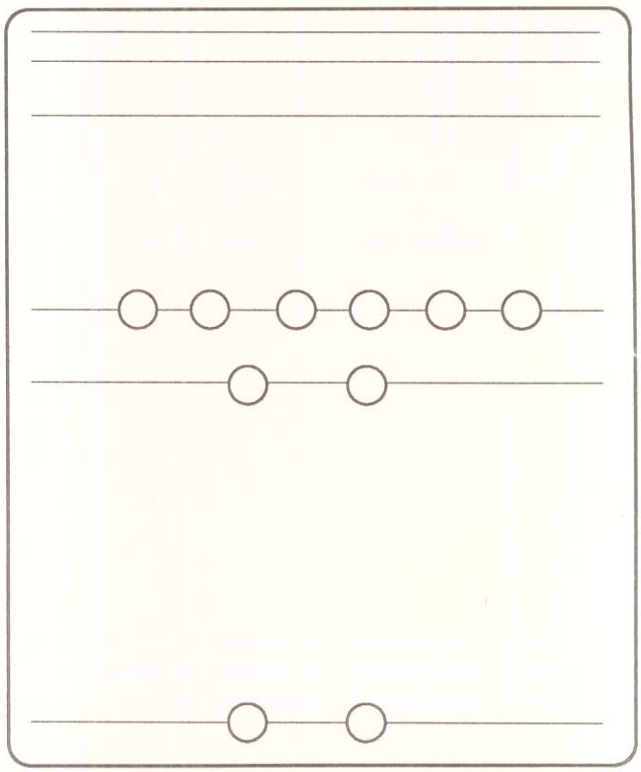


Fig. 3.4 Distribución de los diez electrones del átomo de Neón, según el principio de exclusión de Pauli.

inicial a un estado final de menor energía, esta pérdida de energía del átomo dará lugar a la emisión de un fotón, o sea, de una radiación electromagnética (Fig. 3.5).

Nótese que ninguna de las reglas anteriores informa sobre la posición que ocupan los electrones en el espacio. La causa de esto es que, según los principios de la mecánica cuántica, no pueden determinarse al mismo tiempo la posición y la energía de una partícula subatómica, y puesto a escoger entre ambas, el físico moderno prefiere interesarse por la energía de los electrones, ya que ésta puede determinarse experimentalmente, cosa que no sucede con su posición.

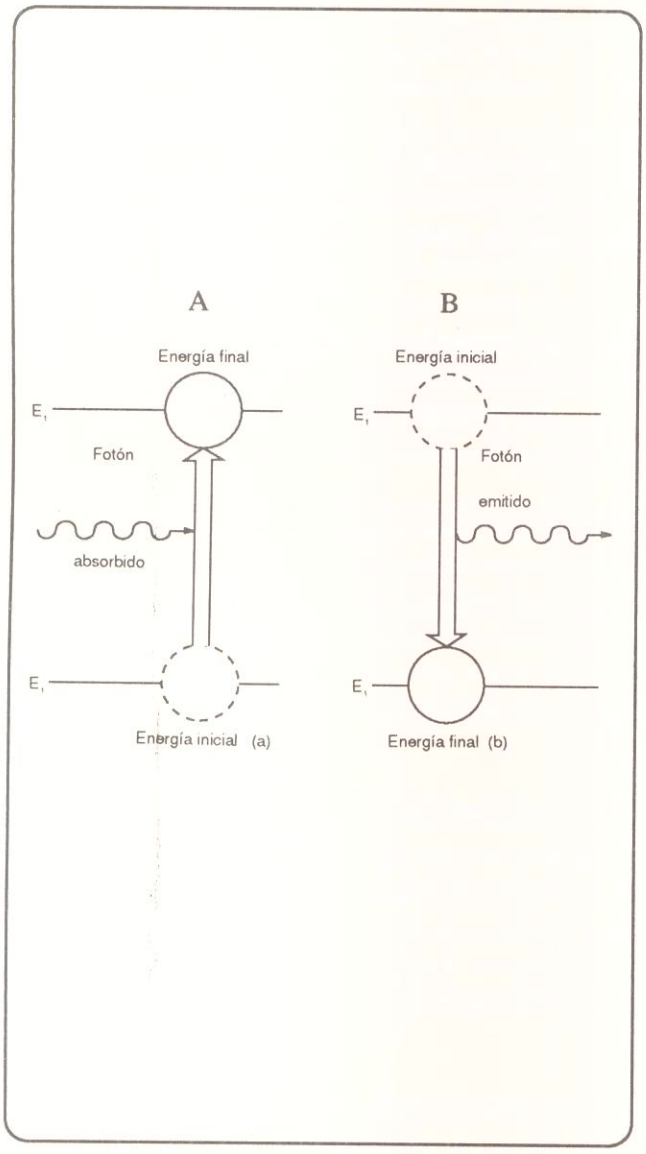


Fig. 3.5 Mecanismo: (a) Absorción y (b) Emisión de fotones por un átomo, gana o pierde energía, respectivamente.

3.2 PREGUNTAS PROPUESTAS:

1. Clasifique las partículas elementales.
2. Describa el modelo atómico de Rutherford.
3. Enuncie el principio de exclusión de Pauli.
4. ¿Cuál fue la opinión de Niels Bohr sobre el modelo atómico de Rutherford? Explique.

UNIDAD IV

TRABAJO Y ENERGIA

En esta unidad se estudiará las formas más comunes de obtención y transformación de la energía cinética, potencial, mecánica, sonora, calórica, luminosa, eléctrica, química, magnética, hidroeléctrica y geotérmica.

4.1 INTRODUCCION:

Si toda la energía de nuestro universo desapareciera, la vida terminaría inmedatamente. Las brillantes estrellas se convertirían en pedazos fríos de materia y todas las criaturas vivientes pasarían a ser masas de frágil y seca materia inútil.

La energía es la que impulsa y mantiene la vida del Universo.

Nuestro planeta, tercero del Sistema Solar, recibe mucha energía del Sol, que llega principalmente en forma de luz y calor.

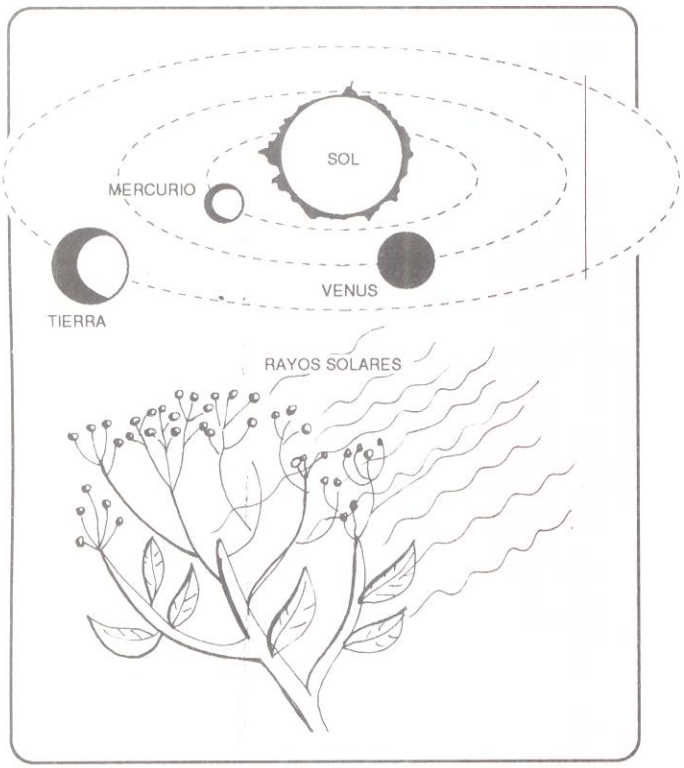


Fig.4.1 Sistema Solar.

4.2 CONCEPTO DE ENERGIA:

La capacidad de un cuerpo para producir trabajo recibe el nombre de **energía**. Se puede decir que la energía de un cuerpo aumenta si se le proporciona trabajo, y que disminuye si es él mismo el que efectúa el trabajo. Los siguientes ejemplos muestran como existe una íntima relación entre energía y trabajo: si usted levanta un martillo sobre una estaca, está realizando **trabajo** al usar su propia energía; al levantar el martillo le **transmite** su energía con lo que ahora puede hacer el trabajo hundir la estaca en el suelo.

Sin embargo, la transmisión de energía no se detiene ahí. La fricción entre la estaca y el suelo genera calor, o sea, una parte de la energía mecánica del martillo se transformó en **energía calórica** y el sonido producido cuando el martillo golpea la estaca indica que una parte de la energía mecánica se transformó en **energía sonora.**

De lo anterior se concluye que, **la energía se puede convertir de una a otra forma al hacer un trabajo**. Con este sencillo ejemplo, del traspaso de energía de un cuerpo a otro, de usted al martillo y después a la estaca, se ilustra una de las principales leyes del universo: La transformación de la energía.

El trabajo lo efectúa una fuerza. Físicamente se define el trabajo como **EL PRODUCTO DE LA FUERZA POR LA DISTANCIA**. El trabajo puede ser mecánico, eléctrico, magnético o de otra clase.

---

* Experimental y teóricamente se ha demostrado que la energía ni se crea ni se destruye, solo se transforma.

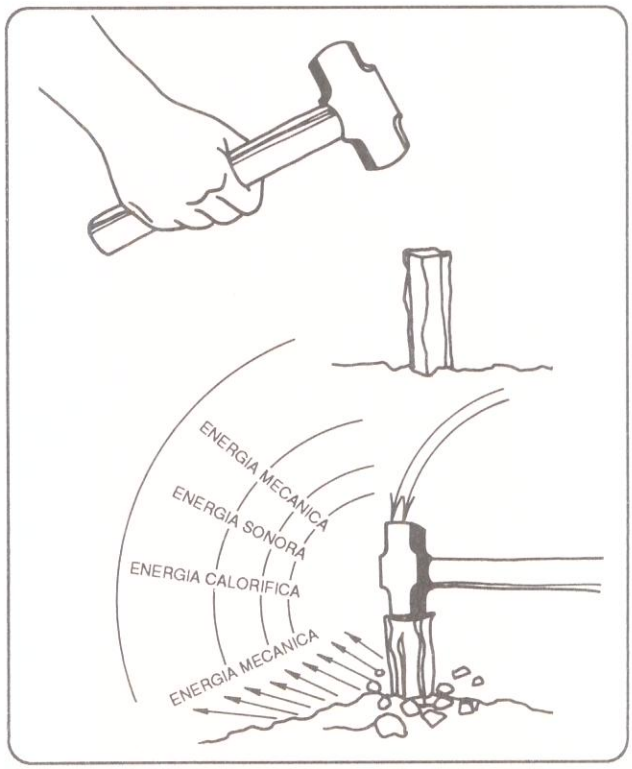


Fig. 4.2 Persona golpea una estaca con un martillo. La energía no se crea, ni se destruye, sólo se transforma.

4.3 ENERGIA CINETICA:

Se puede decir que la energía cinética es el nombre dado a la energía de un **cuerpo en movimiento,** esta energía se debe a la **masa** y a la **velocidad** del cuerpo. Una bola de boliche que rueda hacia los bolos, es un ejemplo típico de un cuerpo con energía cinética. La cantidad de energía que tiene la bola, la cantidad de trabajo que puede hacer al derribar los bolos, depende de dos factores: **la masa** de la bola y **la velocidad** con que viaja.

Otro ejemplo de energía cinética en acción es el de una bola de metal que atraviesa una pared. Los mismos dos factores determinan la cantidad de energía cinética contenida en la bola: la masa de la bola y la velocidad con que golpea la pared.

Una bola pesada hará más daño (trabajo destructor) que una liviana con la misma velocidad y una bola rápida causará más destrucción que una lenta.

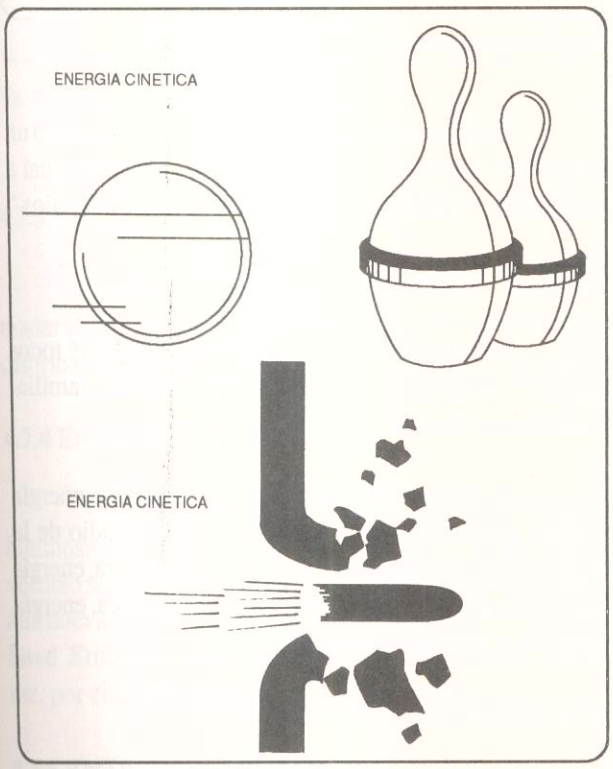


Fig. 4.3 Bola de boliche hacia los bolos. Bala atraviesa una pared.

4.4 ENERGIA POTENCIAL:

Si un cuerpo está en **reposo**, puede hacer trabajo, cuando está más alto que el nivel del suelo, entonces se dice que tiene **energía potencial**.

Se puede decir que la energía potencial es la que tiene un cuerpo, debido a su posición, por ejemplo: una roca en la cima de una montaña, un martillo en posición alzada para golpear; el agua de una represa con repecto al nivel de las turbinas, etc.

A la energía potencial también se le llama **energía almacenada**, y se utiliza en el momento que se libera.

Otro ejemplo de energía potencial es la energía almacenada en un resorte comprimido. Las aplicaciones de este sencillo principio de energía almacenada son incontables.

Fig. 4.4 Roca lanzada hacia una hondonada. Resorte comprimido.

4.5 TRANSFORMACION DE LA ENERGIA:

Dos niños, con un carrito encuentran un camino bien pavimentado que baja a un valle.

Se sientan en el carrito y lo hacen rodar camino abajo, en dirección al valle, luego de llegar al punto más abajo sigue camino arriba por la ladera opuesta, se detiene y se devuelve hasta subir parte de la primera ladera; esta operación se repite y llega cada vez a un punto menos elevado de las laderas, hasta que finalmente se detiene en la parte más baja del lugar.

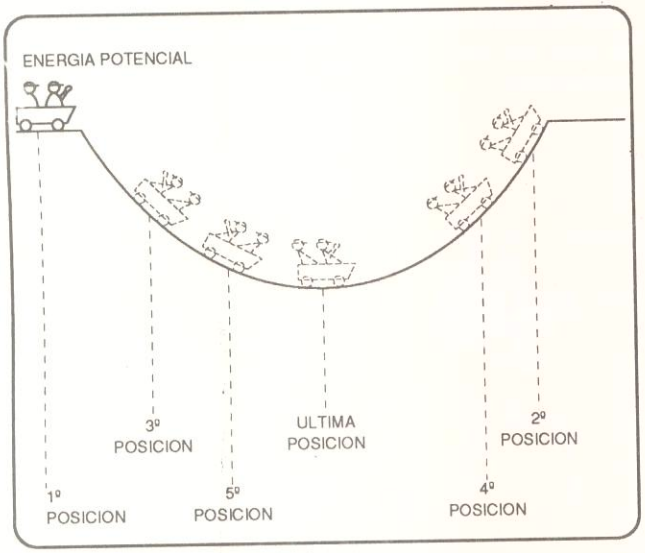


Fig. 4.5 Conversión de energías.

Con este experimento se demuestra que la energía puede ser convertida de potencial a cinética muchas veces. Pero, ¿por qué el carrito no alcanzó nunca la altura desde la que inició su movimiento? La **fricción** entre las ruedas del carro y el camino le quita **energía**. Parte de la energía potencial inicial (dos niños, un carrito, cierta altura sobre el nivel del valle), se **transforma** en energía **calórica**. Al fin toda la energía inicial será transformada en calor, durante su ir y venir para atrás y adelante.

4.6 UNIDADES DE MEDICION DE LA ENERGIA:

Al igual que se puede decir que una carretera mide 20 km, un terreno tiene 2.000 m^2 o una vagoneta carga 6 m^3 de arena, también se puede decir que la energía o el trabajo es igual a 3 **julios**. La unidad de medida para la energía o trabajo es el **JULIO**.

Esta unidad de energía la podemos definir de la siguiente manera:

UN JULIO ES EL TRABAJO HECHO (O ENERGIA UTILIZADA) CUANDO UNA MASA DE APROXIMADAMENTE 0,102 KILOGRAMOS, ES LEVANTADA UN METRO, EN CONTRA DE LA FUERZA DE GRAVEDAD (Fig. 4.6)

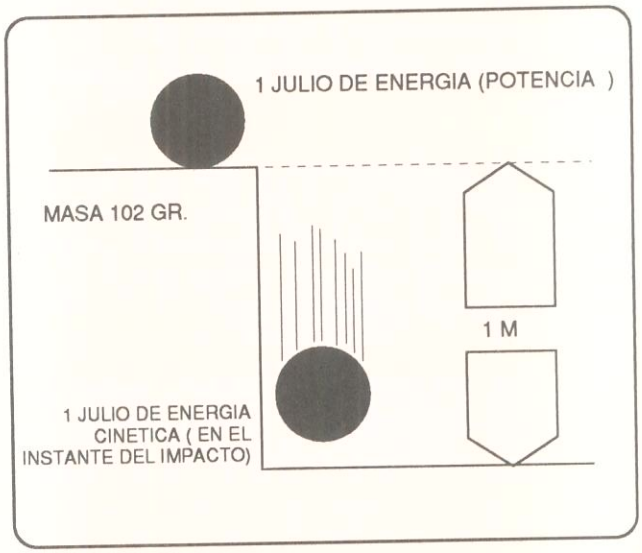


Fig. 4.6 Definición de trabajo.

Cuando se dice que un cuerpo ha efectuado un trabajo de 6 julios, se lee "el trabajo hecho es igual a seis julios" o "la energía utilizada es igual a 6 julios".

4.7 FORMAS DE ENERGIA:

La energía puede tener varias formas y todos nosotros, en mayor o menor grado, estamos familiarizados con muchas de esas formas.

Se presentan ahora, varias formas de energía con las que tendremos que tratar en el estudio de la electricidad: energía mecánica, energía sonora, energía calorífica, energía luminosa, energía eléctrica, energía química y energía magnética.

4.7.1 ENERGIA MECANICA:

Un hombre que clava una estaca en el suelo usa la energía proporcionada por sus músculos (Fig. 4.11), este es un ejemplo de la energía mecánica.

4.7.2 ENERGIA SONORA:

Las cuerdas vocales de una persona al vibrar, transmiten energía **sonora** al aire (Fig. 4.12).

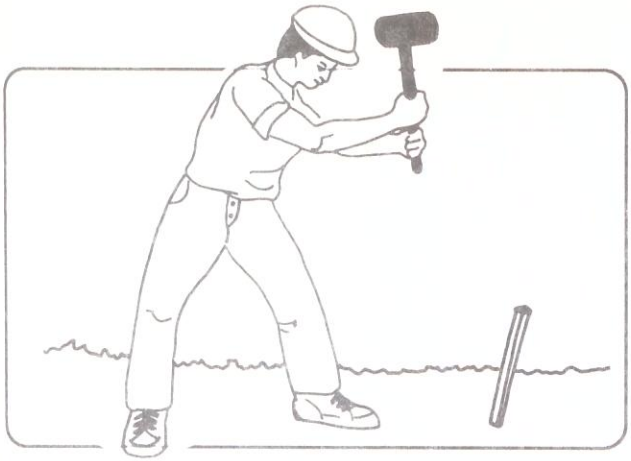


Fig. 4.7 Hombre que clava una estaca.

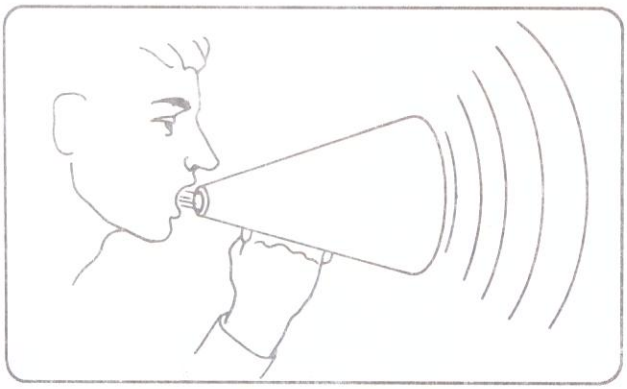


Fig. 4.8 Energía sonora.

4.7.3 ENERGIA CALORICA:

Un niño explorador, que frota dos pedazos de madera entre sí, convierte energía mecánica en energía calórica, y logra que los maderos enciendan (Fig.4.13).

4.7.4 ENERGIA LUMINOSA

Un **láser** puede emitir un rayo de mucha energía luminosa que puede perforar el acero. Este nuevo vocablo se obtiene de las siglas que en inglés constituyen una nueva técnica: **"Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation"** (amplificación de la luz, por emisión estimulada de radiación).

4.7.5 ENERGIA ELECTRICA:

El rayo es la forma más antigua de energía eléctrica que se conoce en la naturaleza. Es una descarga de electricidad estática con mucha energía (Fig. 4.11).

4.7.6 ENERGIA QUIMICA:

Un pedazo de zinc sumergido en un recipiente con ácido, se disuelve rápidamente, deja un residuo oscuro. La energía química de la reacción entre el zinc y el ácido, literalmente, **"deshace"** el zinc (Fig. 4.12).

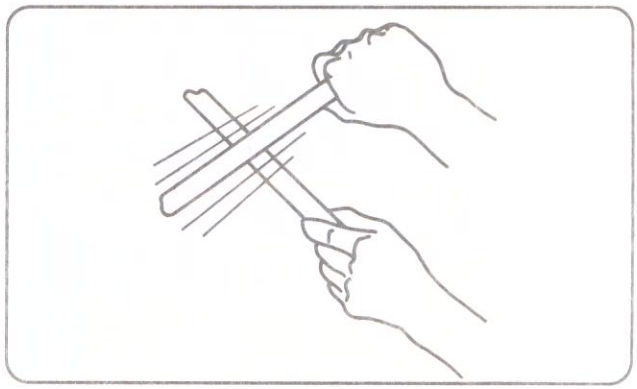


Fig. 4.9 Energía calórica.

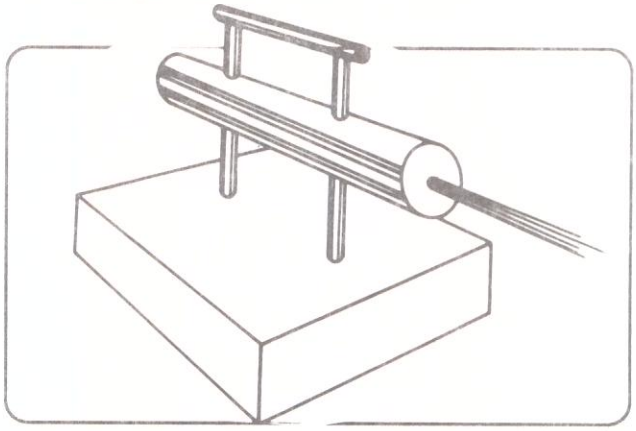


Fig. 4.10 Energía luminosa.

4.7.7 ENERGIA MAGNETICA:

La energía magnética de las líneas invisibles de fuerza magnética que circulan la Tierra, hacen que la aguja de una brújula apunte siempre en dirección al polo norte.

4.8 METODOS PARA GENERAR ENERGIA ELECTRICA:

Todos los generadores de electricidad son, en realidad, transformadores de energía, en los cuales una de las formas de energía como calor, luz o energía mecánica se convierte en energía eléctrica.

En este punto se estudiará los aparatos que efectúan estas conversiones de energía. Se estudiarán tres grupos principales de transformadores de energía. Ellos son convertidores de:

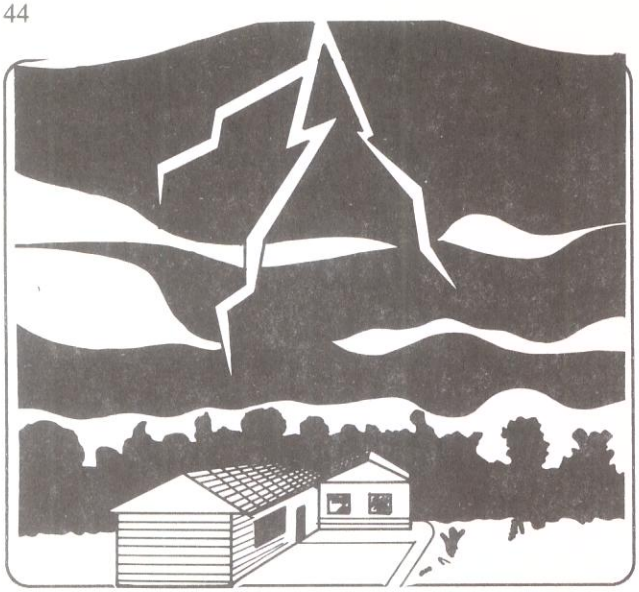


Fig. 4.11 El rayo es la forma de energía eléctrica más antigua.

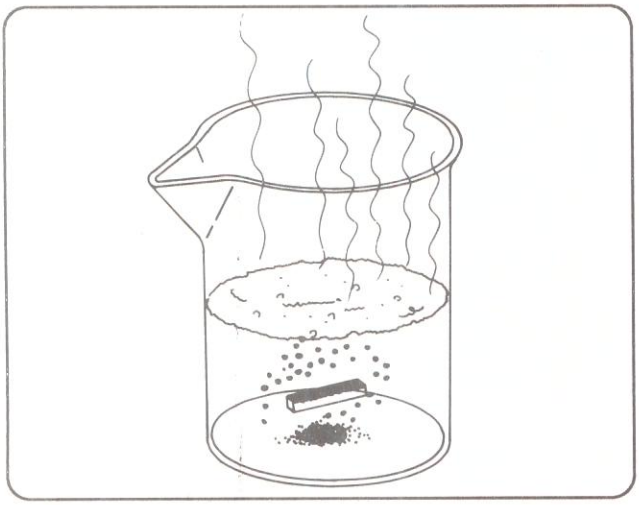


Fig. 4.12 Energía química.

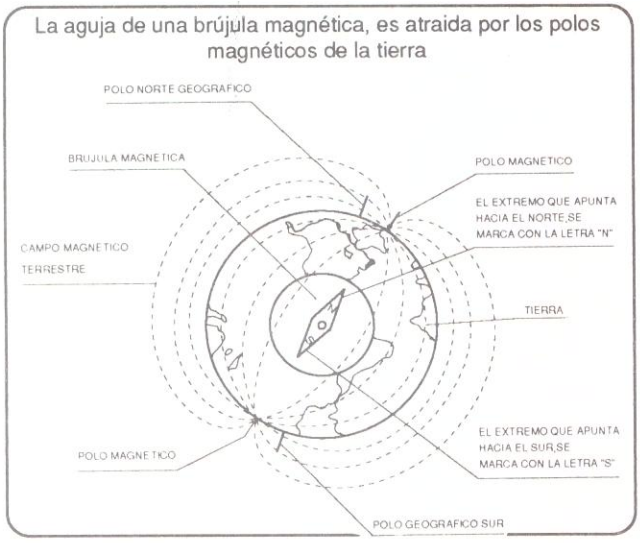


Fig. 4.13 Energía magnética.

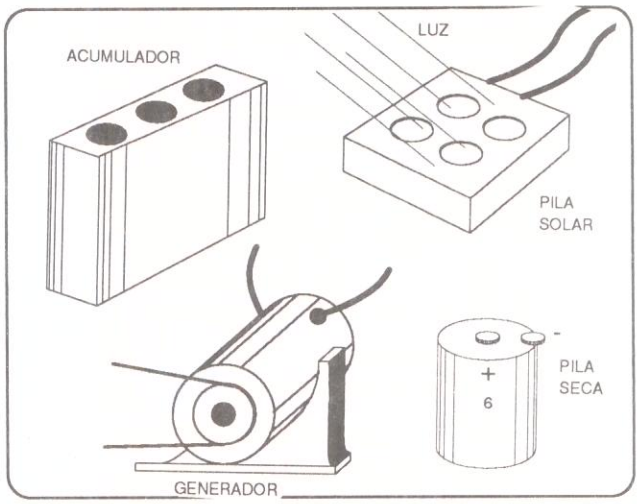


Fig. 4.14 Transformadores de energía.

4.8.1 **Energía mecánica a eléctrica**
4.8.2 **Energía química a eléctrica**
4.8.3 **Energía radiante a eléctrica**
(Energía radiante es un nombre que generalmente se refiere a las ondas de calor, de luz y de radio.

4.8.1 TRANSFORMADORES DE ENERGIA MECANICA A ELECTRICA:

La única cosa común en los convertidores de energía mecánica a eléctrica es que todos ellos dependen del movimiento para su funcionamiento. Todos los generadores operados mecánicamente usan uno de los siguientes métodos: **fricción** entre dos objetos (Fig. 4.16), **movimiento de un imán** cuyas líneas de fuerza atraviesan un conductor (Fig.4.17) y **cambio de presión en un cristal** (Fig. 4.25).

4.8.1.1 GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA POR FRICCION:

Cuando se frota una varilla de plástico con una piel de gato, un peine con el cabello seco o una varilla de vidrio con seda, se carga eléctricamente las varillas, el peine y los materiales con que fueron frotados. La mayor parte de la energía mecánica usada en el proceso de carga se convierte en calor, y una parte en energía eléctrica estática.

La electricidad estática se genera frecuentemente como resultado indeseable de la fricción entre objetos en movimiento. Es así como las nubes se cargan al moverse a través de la atmósfera (Fig. 4.19). En las fábricas de telas sintéticas y elásticas, así como

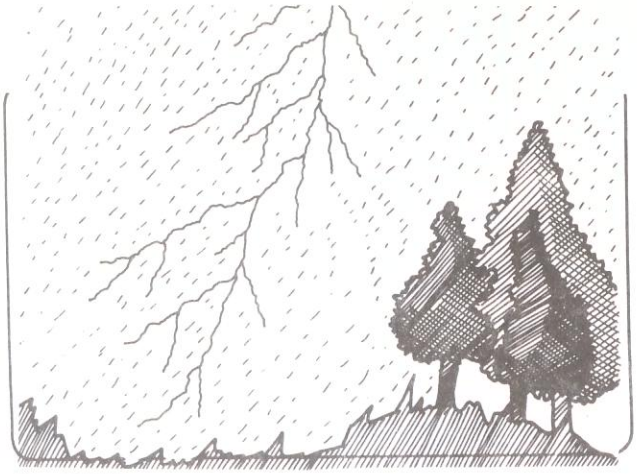


Fig. 4.15 Un rayo.

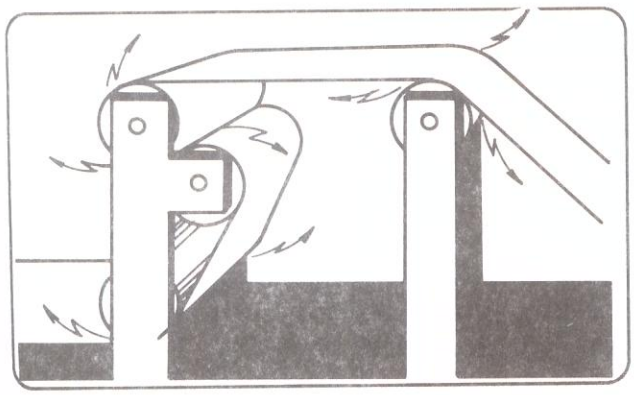


Fig. 4.16 Electricidad no deseada, causada por fricción.

en las imprentas y editoras de periódicos, se genera electricidad por fricción entre los rodillos de las máquinas impresoras y el papel o material que pasa alrededor de ellas (Fig. 4.20). Para evitar que la electricidad así generada se descargue en las personas que operan las máquinas hay aditamentos especiales que conducen la electricidad a tierra.

4.8.1.2 ELECTRICIDAD GENERADA POR EL MOVIMIENTO DE UN IMAN:

Cuando se mueve un imán hacia arriba y hacia abajo, dentro de una bobina de alambre de cobre, como en la Fig. 4.17, se produce un flujo de electrones en el circuito formado por la bobina y el medidor. El imán está circundado por un campo magnético. Esta fuerza magnética puede pasar a través del cobre y su aislante cuando el imán se acerca a la bobina. Los electrones del cobre (Fig. 4.22) **tienen un pequeño campo magnético** propio. Cuando el imán se mueve cerca del alambre, su campo magnético pasa a través del cobre, empuja a los electrones libres y hace que se desplacen a través de los átomos. Si el imán se aleja de la bobina, la fuerza magnética empuja a los electrones en dirección opuesta. Entonces, si el imán se mueve hacia arriba y hacia abajo dentro de la bobina, se genera una **corriente de electrones** en los alambres conductores que la forma. La corriente cambiará su dirección siempre que el imán invierta la dirección de su movimiento. Está en la que los electrones cambian su dirección de flujo, se llama **corriente alterna**, y se abrevia **c.a.**

También se da el caso en que el flujo de electrones no cambia de dirección, como por ejemplo en las pilas o baterías, a este tipo de corriente se le llama **corriente directa** y se abrevia **c.d.**

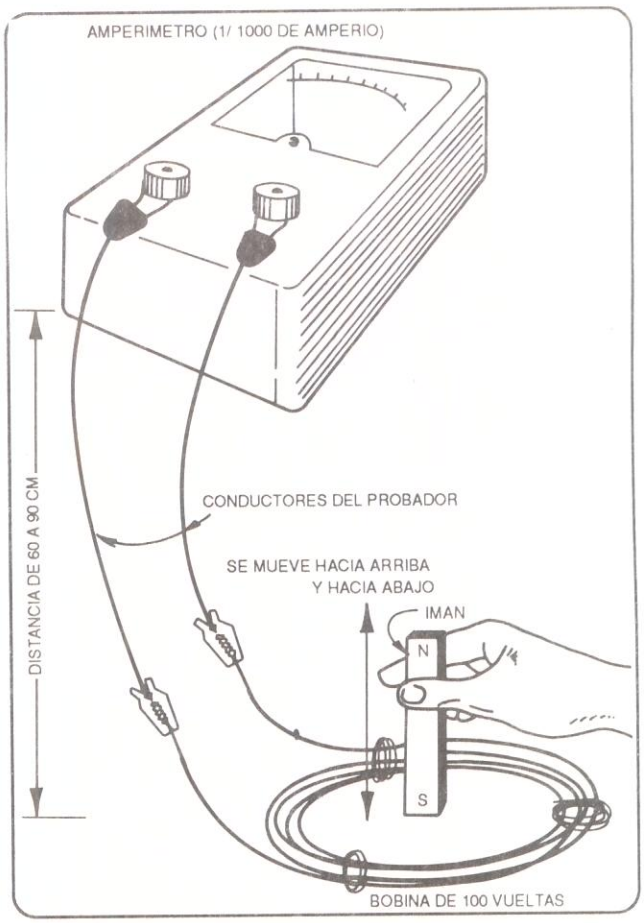


Fig.4.17 Líneas de fuerza.

4.8.1.3 ELETRICIDAD GENERADA AL EJERCER PRESION SOBRE UN CRISTAL:

Un material de tipo especial, el **cristal piezoeléctrico**, convierte la energía mecánica en eléctrica cuando se presiona. Cuando un cristal piezoeléctrico se conecta a una lámpara de neón y es

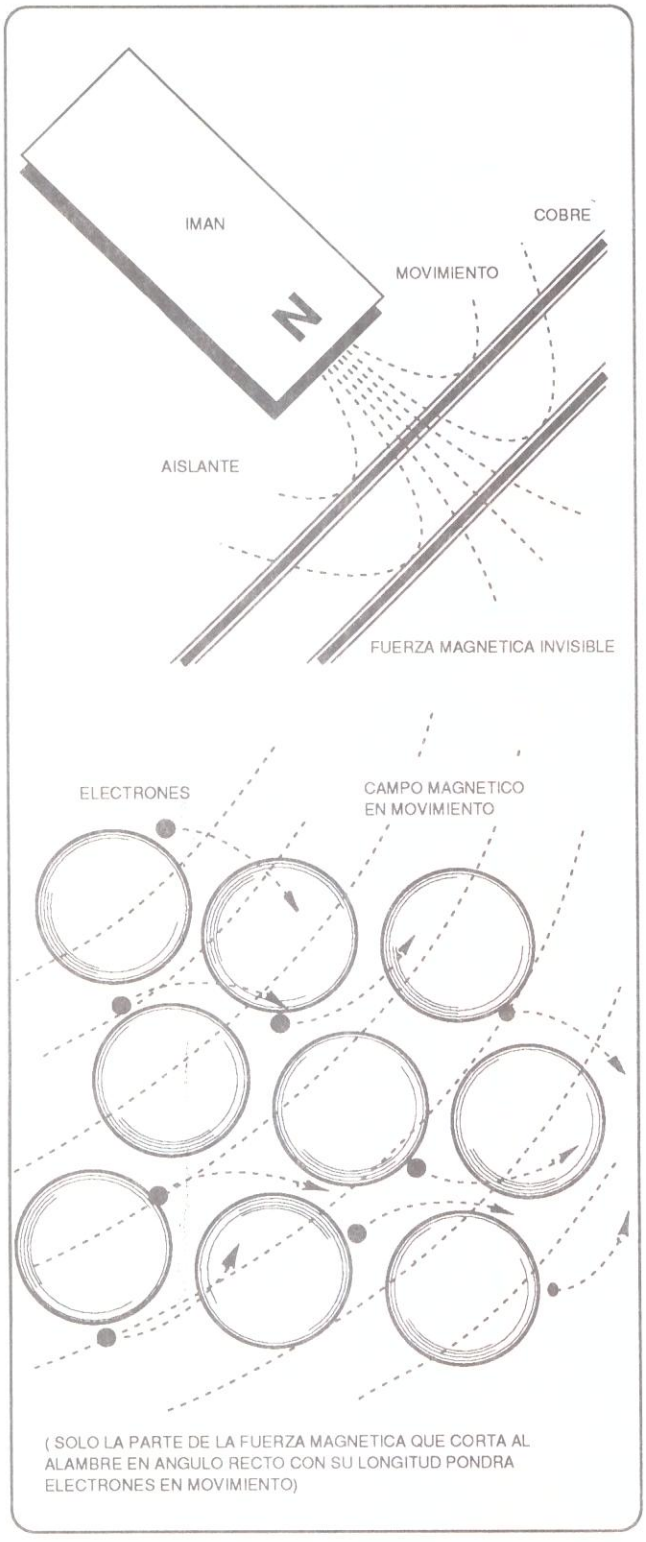


Fig. 4.18 Acción del campo magnético movible sobre los electrones libres.

golpeado con un martillo o mazo, la lámpara emite un breve rayo de luz (Fig. 4.19). Una parte de la energía mecánica se convierte en electricidad. La mayor parte se transforma en calor.

El adjetivo piezoeléctrico se deriva del verbo griego **piezein** que significa **"presionar"**.

Piezoelectricidad: electricidad por presión

Los cristales piezoeléctricos son hechos de compuestos como el cuarzo, la sal de rochelle, la turmalina y el titanano de bario. Generalmente, son recubiertos con plata dos lados opuestos del cristal y a ellos se les sueldan conductores de cobre delgados y flexibles (Fig. 4.20).

Los cristales piezoeléctricos tienen uso tanto en la industria como en nuestros hogares. Muchos tocadiscos usan un pequeño cristal piezoeléctrico la aguja, la cual, al pasar sobre la "grabación" del disco presiona al cristal y genera pequeños voltajes (Fig. 4.21).

Los cristales piezoeléctricos tienen muchas aplicaciones industriales. Registran niveles de ruido, detectan cambios de presión y permiten efectuar operaciones industriales complicadas.

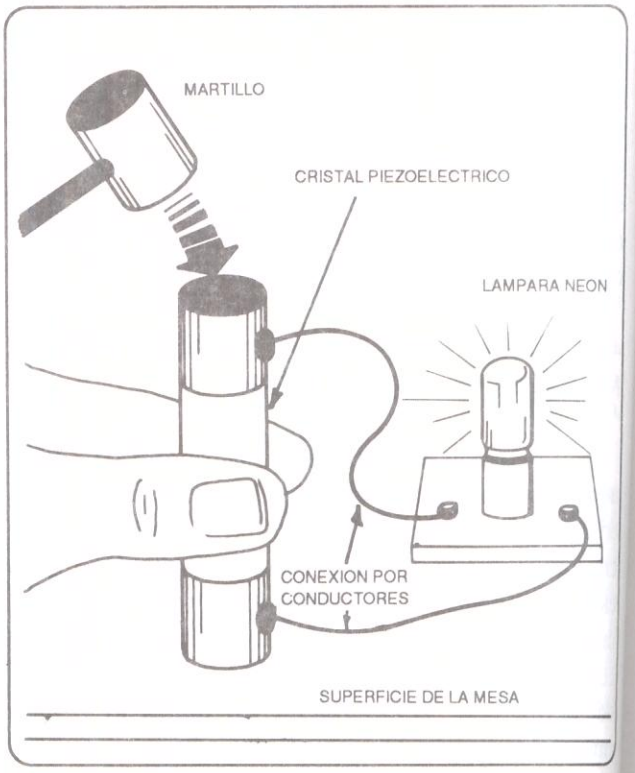


Fig. 4.19 Cristal piezoeléctrico conectado a una lámpara de neón.

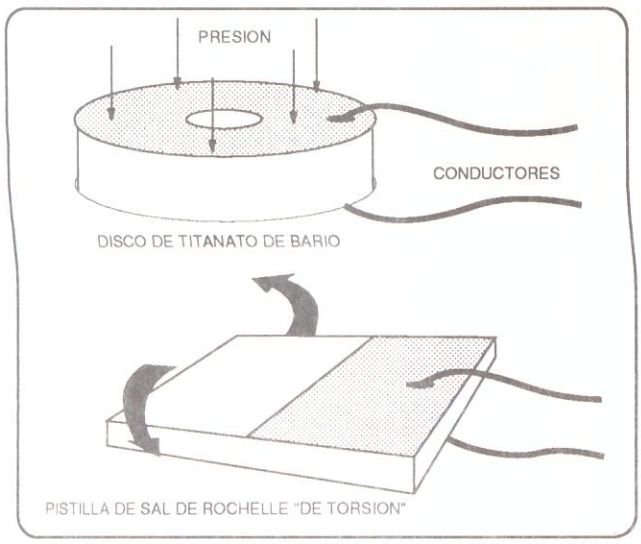


Fig. 4.20 Cristales piezoeléctricos.

Fig. 4.21 Cristal en el Braso de Tono.

4.8.2 TRANSFORMADORES DE ENERGIA QUIMICA A ELECTRICA:

El funcionamiento de dispositivos tales como pilas, baterías, acumuladores depende de una **reacción química entre dos sustancias diferentes**. La energía liberada por la reacción se traslada a los electrones, y los capacita para hacer trabajo (Fig. 4.22).

Los generadores de electricidad operados químicamente están clasificados en dos grupos básicos. En uno se agrupan los que dependen de una **reacción química** entre un "ácido, una base o una sal" y un metal. En el segundo grupo, la reacción química se presenta entre dos gases a presión. En el primer grupo están dos aparatos muy usados: **pilas secas** y **acumuladores**. Los primeros se usan; entre otras cosas, para proporcionar energía eléctrica a las linternas de mano y radios portátiles. Deben **desecharse** cuando se agota su carga. Los acumuladores se usan en automóviles, aviones y barcos. Pueden cargarse de nuevo cuando se termina su energía.

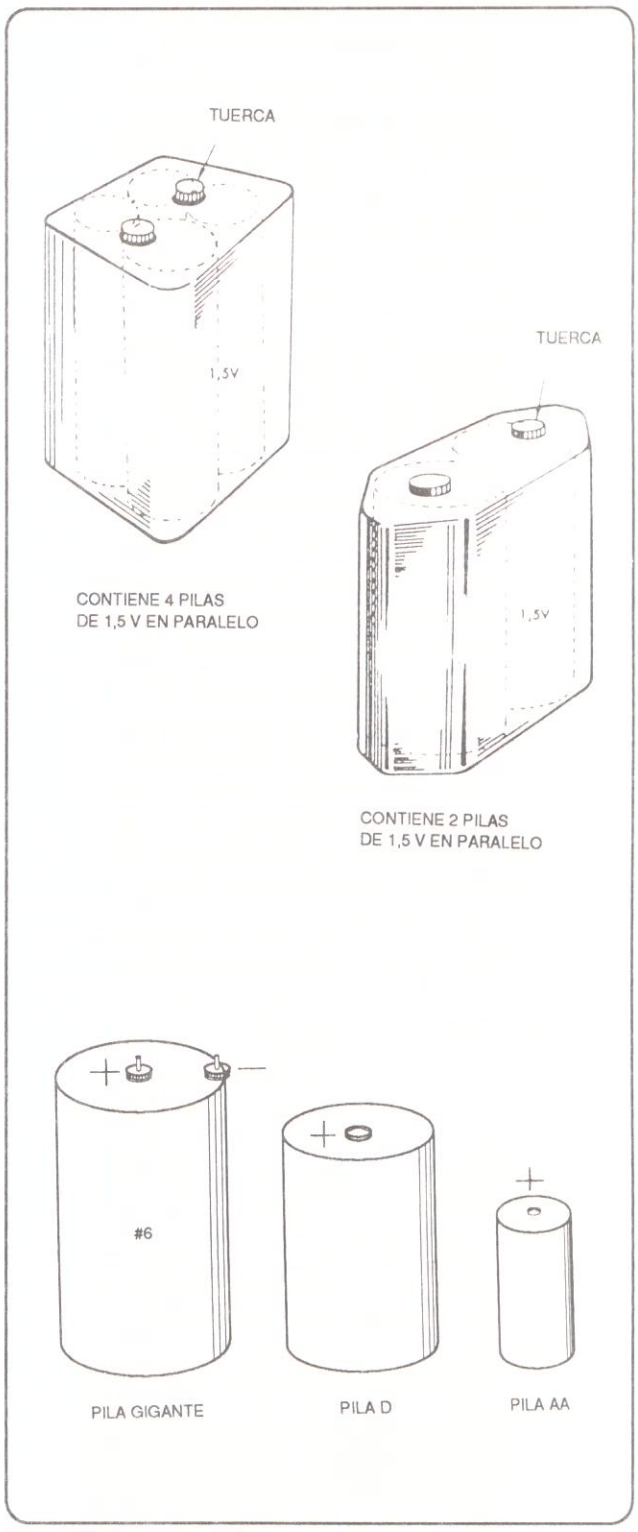


Fig. 4.22 Energía química.

El segundo grupo de generadores químicos consta de un solo aparato, la **pila de combustibles**. Este aparato es usado en las naves espaciales y en las estaciones alejadas y aisladas para proporcionar energía.

4.8.2.1 LA PILA SECA:

Antes de iniciar el estudio de la pila seca, es necesario hacer una pequeña reseña histórica de Alessandro Volta, precursor de la electroquímica:

> **ALESSANDRO VOLTA: (1745-1827) Físico italiano, nacido en Como. Fue uno de los fundadores de la electrología y uno de los precursores de la electroquímica. En sus investigaciones descubrió el principio de la pila eléctrica. Inventó en 1775 el electróforo (primera máquina electrostática de influencia). En 1776 descubrió el gas inflamable, formado en los pantanos (metano), descubrimiento que lo condujo a inventar la lámpara que lleva su nombre. En 1777 ideó el eudiómetro (tubo de vidrio en que se estudian las reacciones de los gases con la chispa eléctrica), además de la lámpara de gas hidrógeno. Pensionado por Napoleón fue nombrado senador y agraciado con el título nobiliario de Conde. En su honor se le dio el nombre de voltio a la unidad de fuerza electromotriz. Dejó numerosas obras sobre electricidad.**

En el año de 1800, el científico italiano Alessandro Volta encontró la forma de convertir la energía de una reacción química en energía eléctrica. Descubrió que al sumergir dos metales diferentes en una solución salina se genera electricidad tan pronto como la solución actúe sobre los metales. En honor a Volta, descubridor de este generador, se le llamó **pila voltáica** a ese dispositivo (Fig. 4.25).

Algunos autores llaman **pilas primarias** a aquellas pilas desechables una vez que agotan sus propiedades. Las clasifican en **pilas secas** (el electrolito es pastoso) y **pilas húmedas** (el electrolito es líquido).

¿Cómo se genera la electricidad en una pila?

Cuando las barras de zinc y cobre se colocan en el ácido, inicia inmediatamente una reacción química entre el zinc y el ácido, y se produce energía sobre los

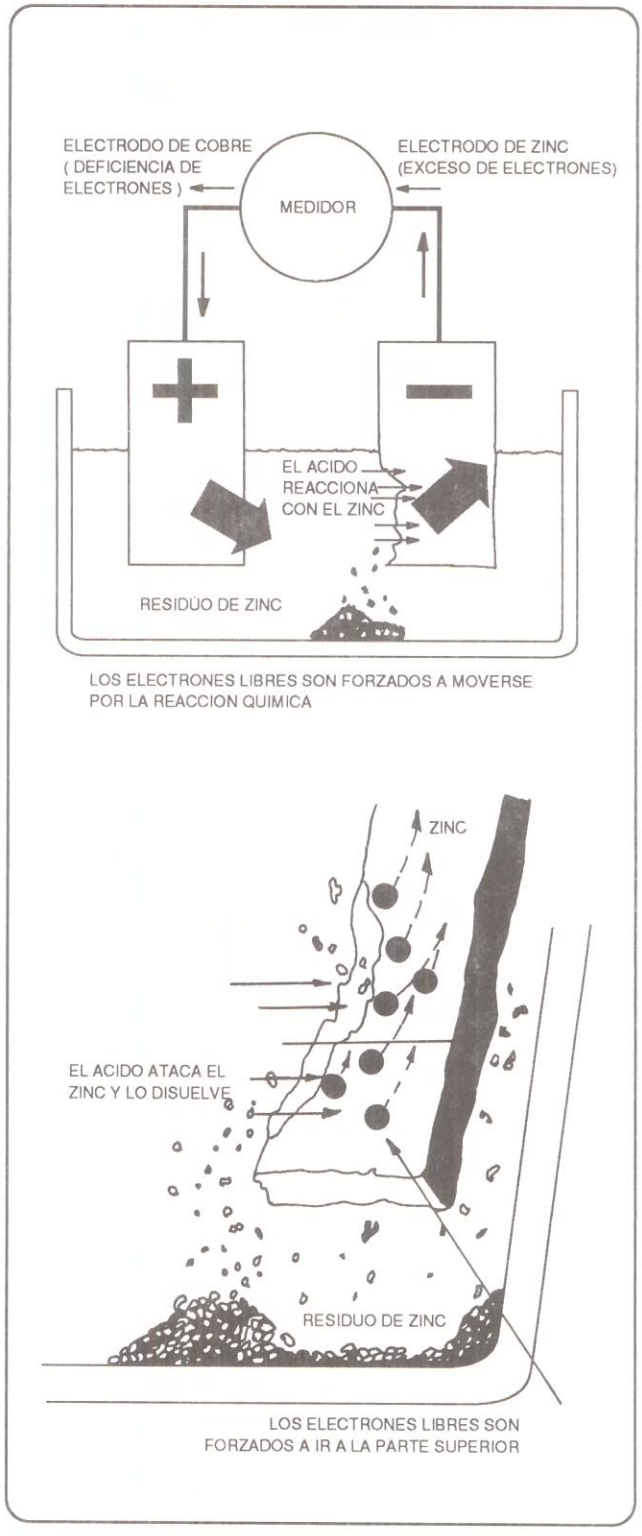


Fig. 4.23 Pila voltáica. Acción en la pila.

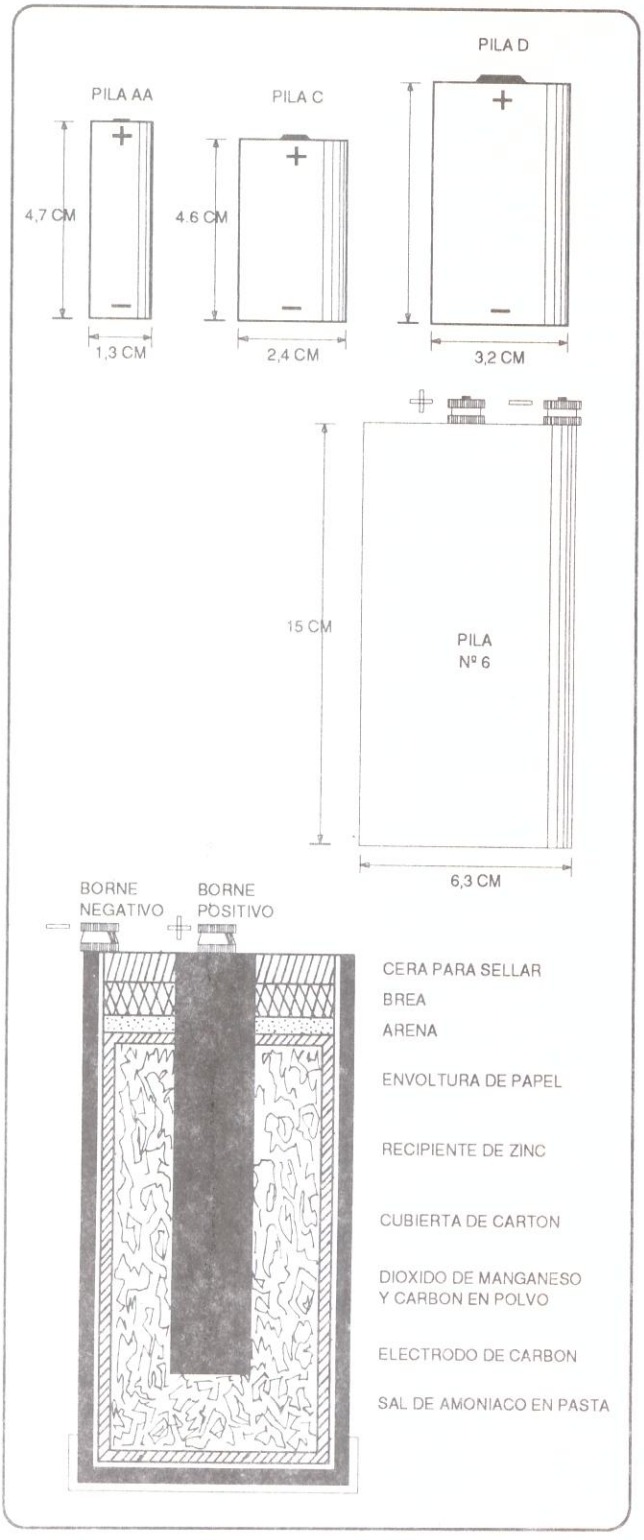


Fig. 4.24 Tamaños comunes de pilas secas. Corte seccional de una pila seca.

electrones libres (Fig. 4.23). Esta **energía** empuja los electrones libres a la parte superior de la barra de zinc y le proporciona una **carga negativa** (exceso de electrones). La misma reacción química lleva a los electrones del cobre a la solución ácida y crea una **carga positiva** (falta de electrones) en el cobre.

Si se le proporciona un camino externo en circuito cerrado de zinc al cobre (incluyendo un medidor) (Fig. 4.23), fluirá una **corriente continua de electrones**. Esta corriente durará mientras dure la reacción química.

Cuando la pila voltáica se descarga, debe desecharse ya que todo o casi todo el zinc metálico habrá desaparecido (la reacción química produce un residuo blanquecino de sulfato de zinc).

La pila seca o batería para linternas, radios de transistores, usadas en la actualidad, desciende directamente de la pila voltáica (Fig. 4.24-A y 4.24-B). La pila comercial genera una f.e.m. de 1,5 voltios (una batería es un conjunto de pilas conectadas entre sí).

4.8.2.2 EL ACUMULADOR:

El acumulador, también conocido como pila secundaria; es aquel que puede utilizarse repetidamente. Se carga una vez que se agota. Se le puede considerar como un receptor de energía química y, por ello, se conoce como **acumulador**.

La **energía química** es activada en el acumulador, por **energía eléctrica**, se carga con una fuente de corriente directa. Cuando el acumulador está operando devuelve esta energía también en forma de corriente directa. Una vez descargado totalmente, se le puede volver a cargar, y se pone otra vez en condiciones de operar.

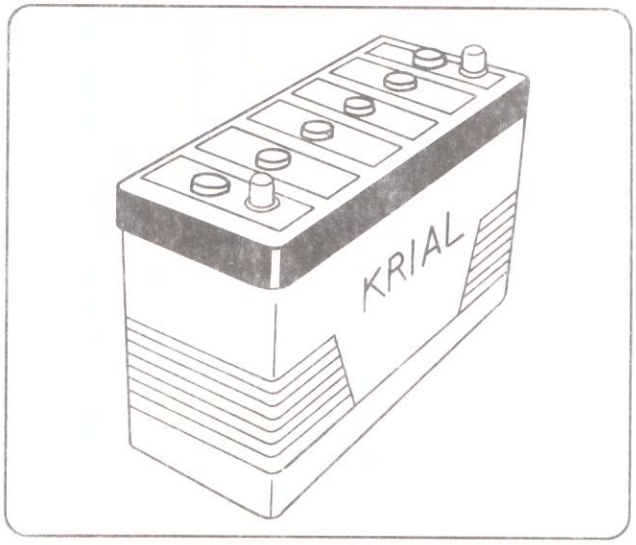


Fig. 4.25 Batería de automóvil.

Podemos decir que un acumulador transforma **energía eléctrica en energía química y viceversa.**

En ejemplo típico de acumulador es la "batería" de un automóvil (Fig. 4.25).

4.8.2.3 LA PILA DE COMBUSTIBLE:

Este convertidor de energía química a eléctrica es la más reciente invención; es un aparato de la era espacial. Recibe este nombre, debido a que para su funcionamiento usa combustibles gaseosos, tales como **hidrógeno y oxígeno**. Es un generador de electricidad muy eficiente, transforma en electricidad la energía de una reacción química entre los gases combustibles y un electrolito. Los dos gases se introducen a la pila y ahí reaccionan para formar **agua**. La energía liberada en la reacción se convierte en electricidad. Los gases, hidrógeno y oxígeno, penetran por paredes de potasio líquido. Esta reacción saca electrones de una pared de carbón y los lleva a la otra. La **f.e.m.** producida es aproximadamente de 1 voltio. El vapor de agua generado se enfría en una cámara especial y produce agua potable (Fig.4.26).

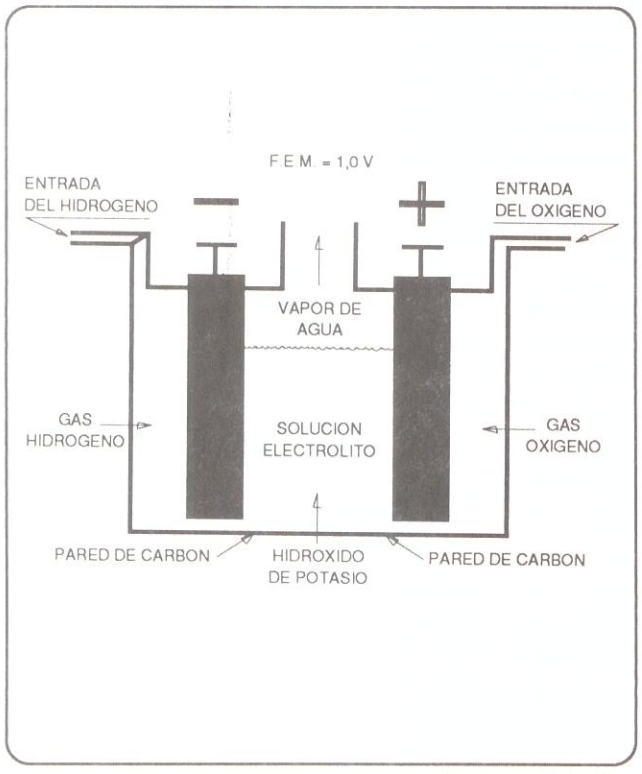


Fig. 4.26 La pila de combustible. (Corte transversal simplificado).

4.8.3 TRANSFORMADORES DE ENERGIA RADIANTE A ELECTRICIDAD:

Al hablar de **energía radiante**, inmediatamente se piensa en **luz** y, en efecto, la luz es una manifestación de la energía radiante, pero no la única. La luz es energía radiante **visible**; sin embargo, la mayor parte de la energía radiante es invisible, como por ejemplo: **los rayos ultravioleta, los rayos X, los rayos infrarrojos y los rayos gamma.**

4.8.3.1 CARACTERISTICAS DE LA ENERGIA RADIANTE:

A. Toda clase de energía radiante se encuentra en **movimiento**.

B. Cualquier tipo de energía radiante viaja por el "**espacio vacío**" a la velocidad de la luz (aproximadamente 300.000 km/segundo).

C. La energía radiante fue ampliamente estudiada por Max Plank. Entre sus descubrimientos Plank encontró que la energía radiante se comporta como "paquetes de energía" a los cuales llamó "quantos" de donde se deriva la Teoría Cuántica. De acuerdo con esa teoría, la luz y por ende la energía radiante tiene un comportamiento dual. Para ciertos fenómenos se comporta como partícula y para otros como ondas.

D. Las ondas, en general tienen tres propiedades:

Longitud
Frecuencia
Amplitud

La **longitud de onda** es la distancia entre dos puntos de dos ondas consecutivas, situados en una misma posición (Fig. 4.28).

La **amplitud de onda** es la **altura** de la onda (Fig. 4.28).

La **frecuencia de onda** consiste en el número de ondas o ciclos que ocurren por segundo (Fig. 4.28).

De las ondas enunciamos algunos aspectos muy importantes para el comportamiento de la energía radiante, como por ejemplo:

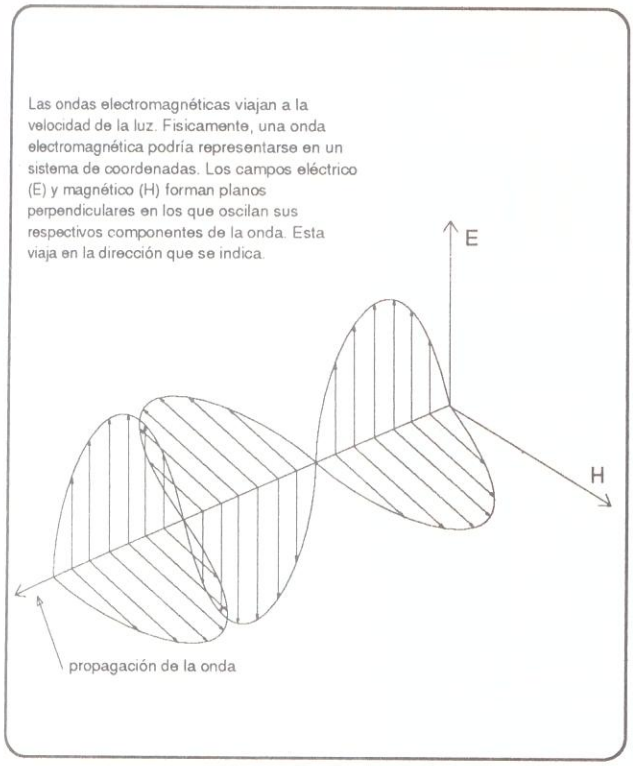


Fig. 4.27 Propagación de la onda.

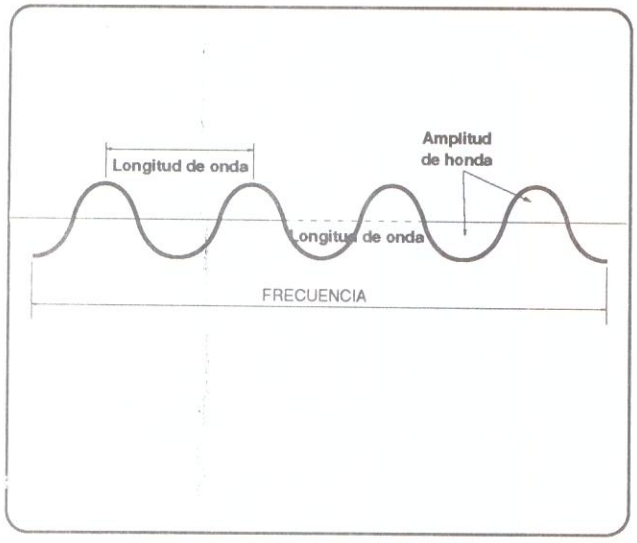


Fig. 4.28 Onda general.

* Existe una relación inversa entre la longitud de onda y la frecuencia, o sea:

Que, a mayor longitud de onda corresponde una frecuencia menor, o más baja; y que a mayor o más alta frecuencia corresponde menor longitud de onda (Fig. 4.29).

* La frecuencia es la propiedad más importante de las ondas para diferenciar entre sí a las distintas clases de energía radiante (Fig. 4.36 y 4.25). Las ondas de la energía radiante reciben el nombre de ondas electromagnéticas y todas ellas constituyen el espectro electromagnético.

* La energía radiante ocurre en forma natural; pero también en su mayor parte, se produce artificialmente en la actualidad.

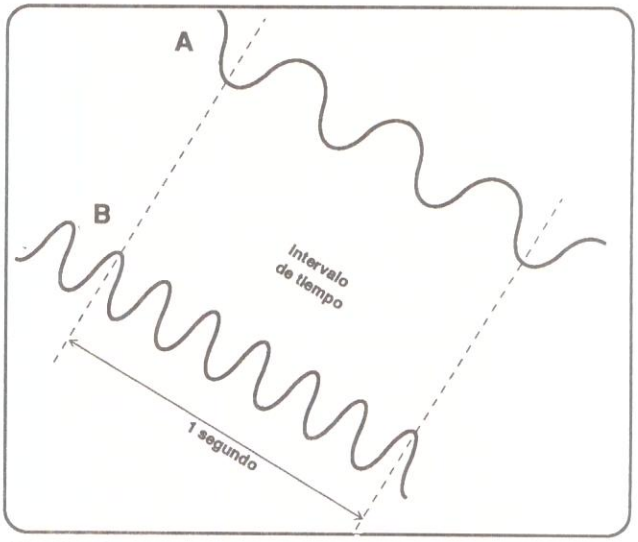


Fig. 4.29 Frecuencia.

* Hay radiaciones útiles e, incluso beneficiosas; sin embargo, otras por el contrario, resultan dañinas para cualquier forma de vida. Por ejemplo: las ondas de larga longitud (las de radio y televisión) son útiles para las comunicaciones (Fig. 4.30). Las ondas de frecuencia altísima, como las de los rayos X, pueden resultar dañinas por cuanto son capaces de penetrar en los organismos vivientes y causan en ellos graves perjuicios, pero, empleadas adecuadamente, sirven para detectar tumores malignos, fracturas de huesos, etc; constituyendo así un eficiente medio de ayuda en los diagnósticos médicos (Fig. 4.32).

4.8.3.2 EL TERMOPAR COMO TRANSFORMADOR DE ENERGIA RADIANTE A ENERGIA ELECTRICA:

El calor también se puede utilizar para producir energía eléctrica, por medio de un **termopar**, que se prepara con dos metales de diferentes clases, unidos por uno de sus extremos (Fig. 4.33-A y 4.33-B).

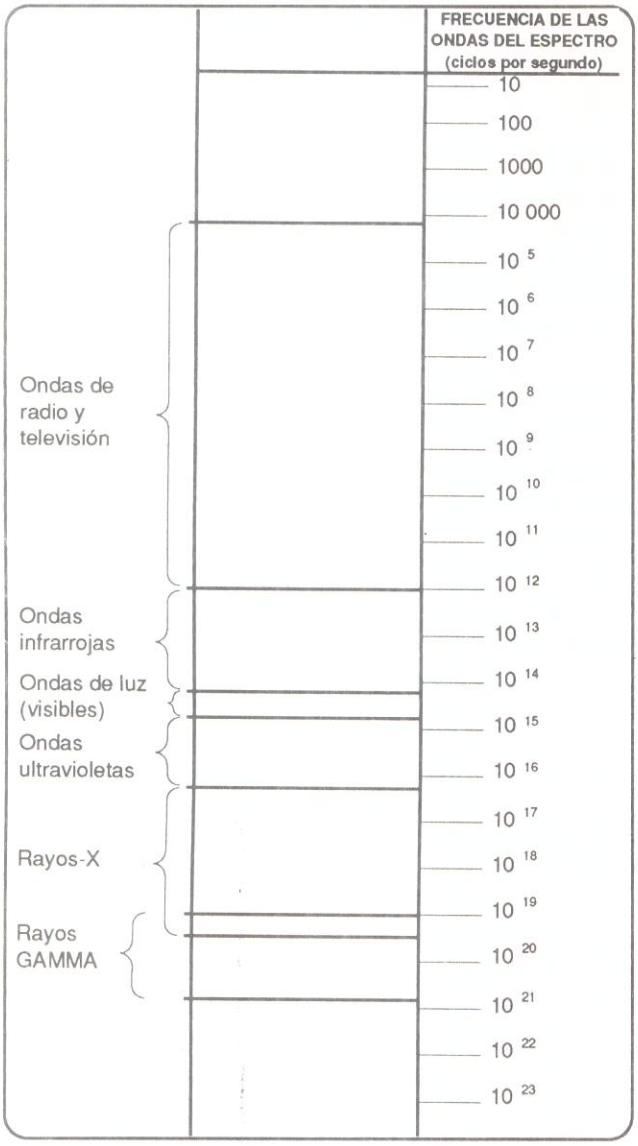


Fig. 4.30 Ondas de radio y TV.

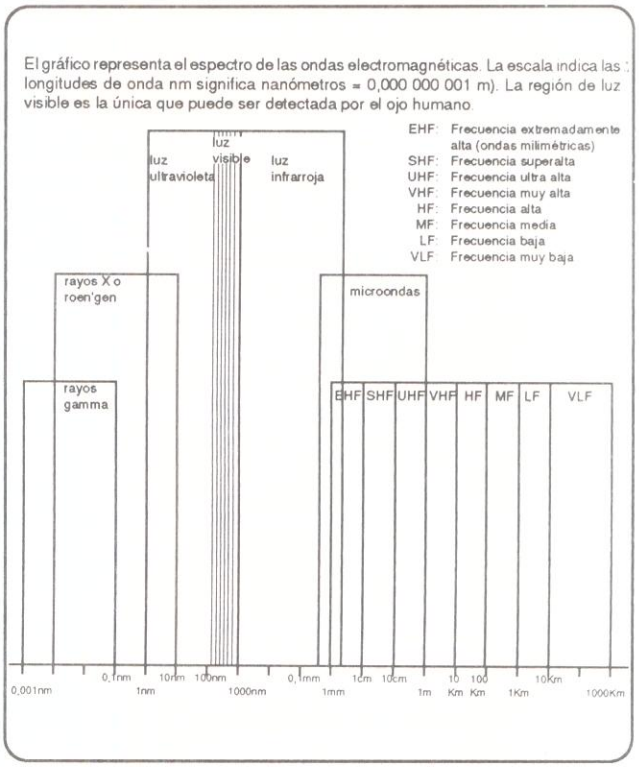


Fig. 4.31 Ondas electromagnéticas.

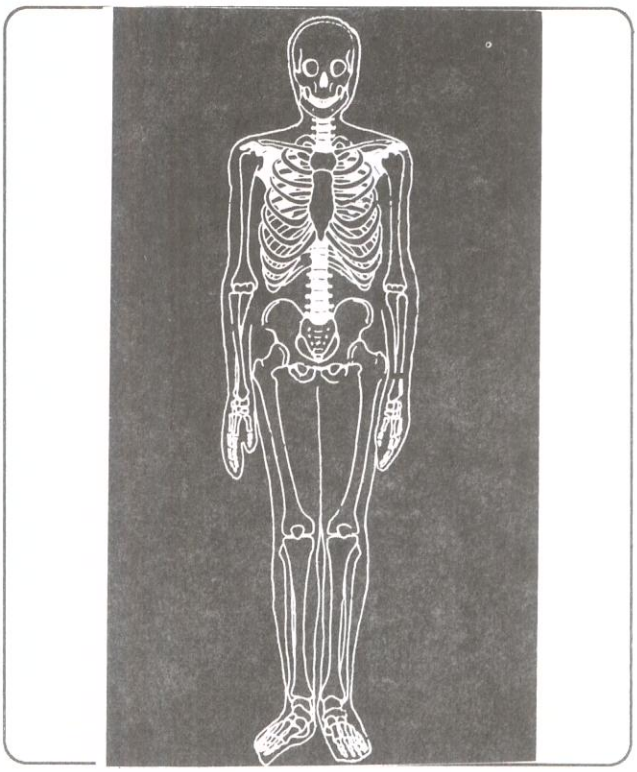


Fig. 4.32 Rayos "X".

Cuando se calienta el punto de unión se desprenden electrones que pasan de un metal al otro y, como resultado de ello, se establece una pequeña diferencia de potencial entre las terminales del termopar (Fig. 4.39). Las combinaciones de metales que se utilizan con mayor frecuencia para fabricar termopares son: **hierro y cobre, antimonio y bismuto, y, una aleación de níquel con cobre**.

Los termopares se emplean en la construcción de dispositivos indicadores de temperaturas, conocidos como **pirómetros**. En los pirómetros (Fig.4.40), la f.e.m. producida por el termopar provoca el paso de una corriente eléctrica a través de un medidor eléctrico (Fig. 4.37). El termopar se coloca, por ejemplo, dentro de un horno, y se conecta al medidor, el cual puede estar alejado del horno. Al elevarse la temperatura dentro del horno, aumenta el voltaje producido por el termopar y como resultado de ello, pasa por el medidor una corriente de mayor intensidad. La lectura del

medidor indicará la temperatura del horno en un momento dado. Con varios tipos de pirómetros se pueden efectuar mediciones de temperatura que varían desde 1500 grados centígrados hasta 6000 grados centígrados.

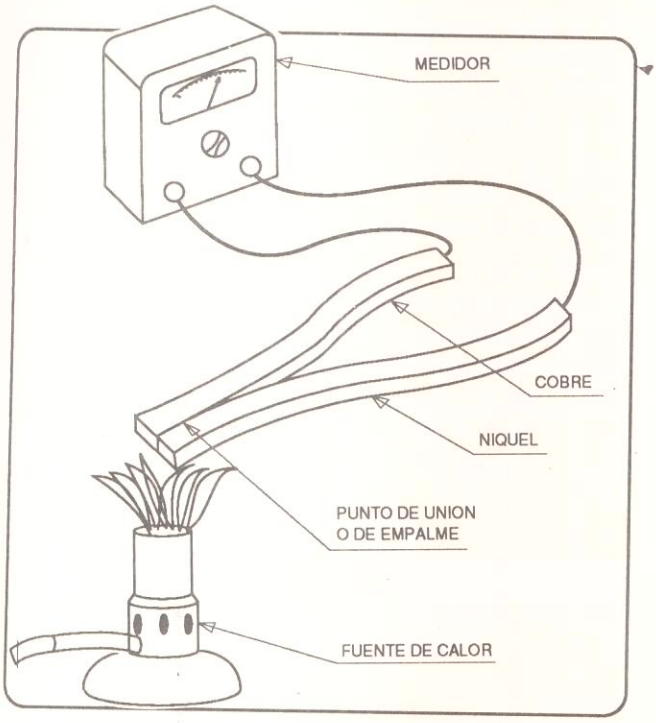


Fig. 4.33 Construcción y funcionamiento básico de un termopar.

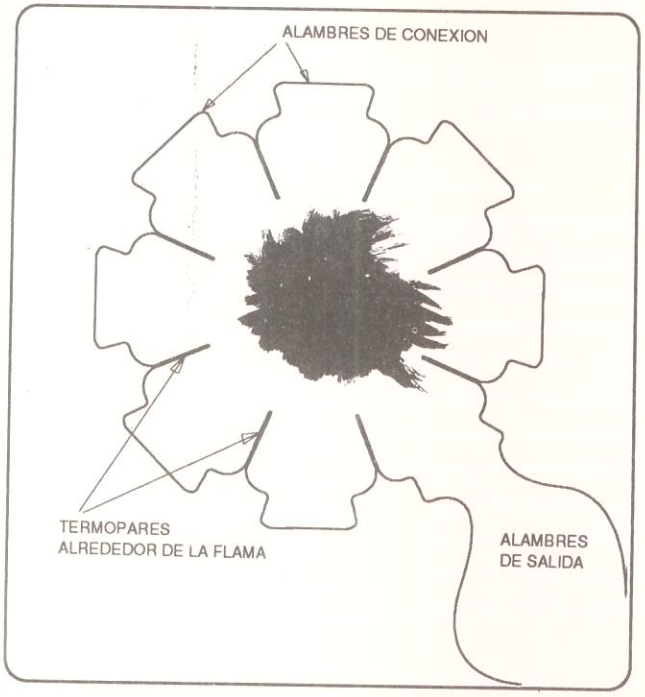


Fig. 4.34 Termopilas conectadas en serie para aumentar la f.e.m. (visto superior).

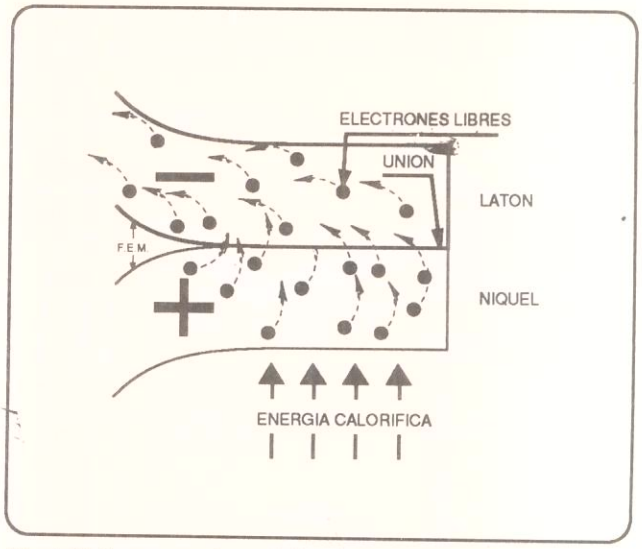


Fig. 4.35 Comportamiento de los electrones dentro del termopar.

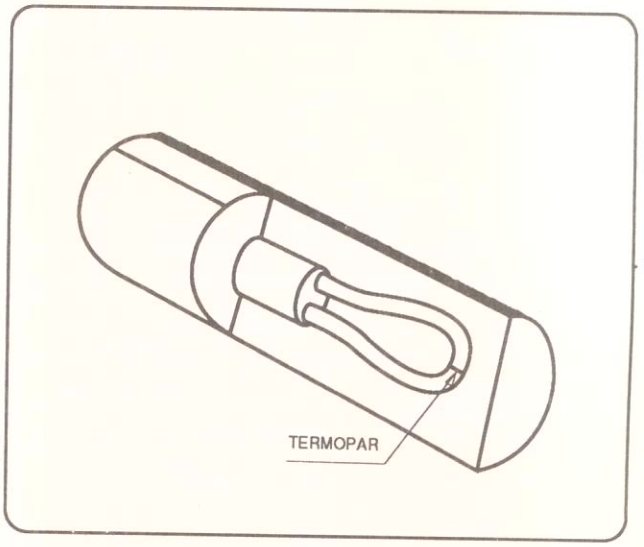


Fig. 4.36 Pirómetro, termopar típico.

4.8.3.3 LA CELDA FOTOVOLTAICA COMO TRANSFORMADOR DE ENERGIA RADIANTE A ENERGIA ELECTRICA:

También llamada **pila solar o batería solar**, es un aparato que convierte la energía luminosa en electricidad.

Es un pedazo, rectangular o redondo, de metal con una cubierta delgada y transparente de óxido. La luz solar incide en la capa de óxido y penetra por ella (Fig. 4.38), y alcanza la junta entre el óxido y el cobre. Los rayos de luz obligan a los electrones a fluir a través de la junta, y generan electricidad.

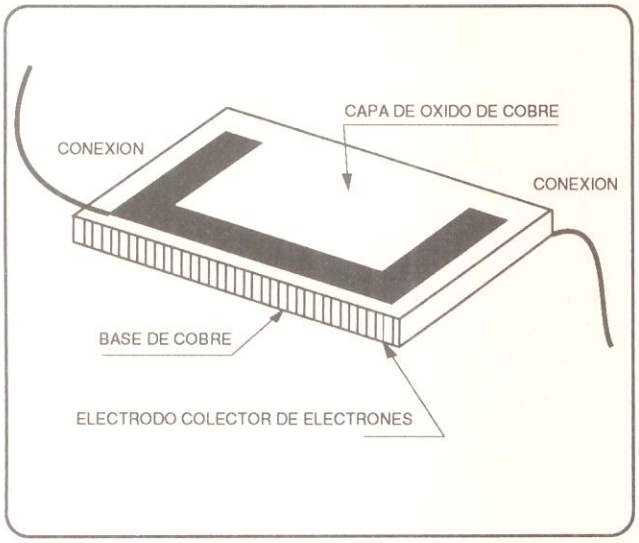


Fig. 4.37 Una pila solar.

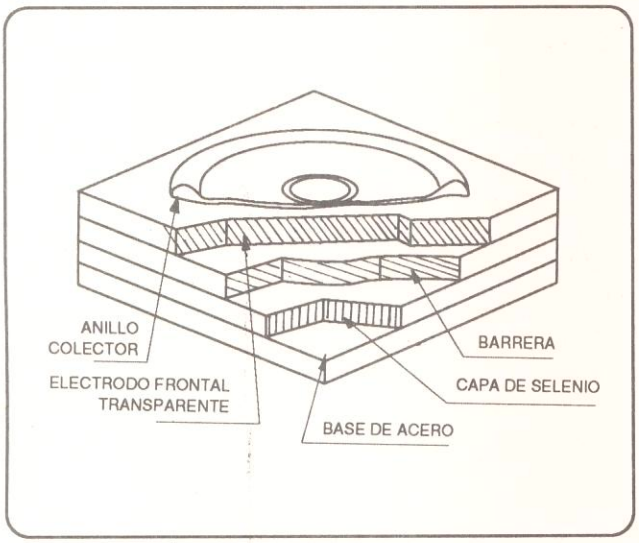


Fig.4.38 Interior de una celda fotovoltáica (sin escala).

Cuando se interrumpen los rayos de luz, cesa la fuerza electromotriz (f.e.m.) generada por ellos. Los modelos modernos de estas pilas ya no son de cobre y óxido de cobre han sido sustituidas por otras sustancias más eficientes (Fig.4.39). Las pilas de este tipo usadas en las naves espaciales son hechas de silicio, un semiconductor puro (un semiconductor puro –como el silicio– puede tener las características de un conductor o de un aislante, depende de su temperatura y de la f.e.m. aplicada).

Estos modelos de pilas funcionan de manera muy parecida a las de cobre, ya descritas, pero son mucho más eficientes.

Las pilas fotovoltáicas se usan en gran variedad de aparatos eléctricos y electrónicos como por ejemplo:

- fuentes de potencia en naves espaciales.
- medidores de luz.
- interruptores automáticos de luz.
- alarmas contra ladrones.
- calculadoras electrónicas.

Las celdas fotovoltáicas son fácilmente dañadas por el calor.

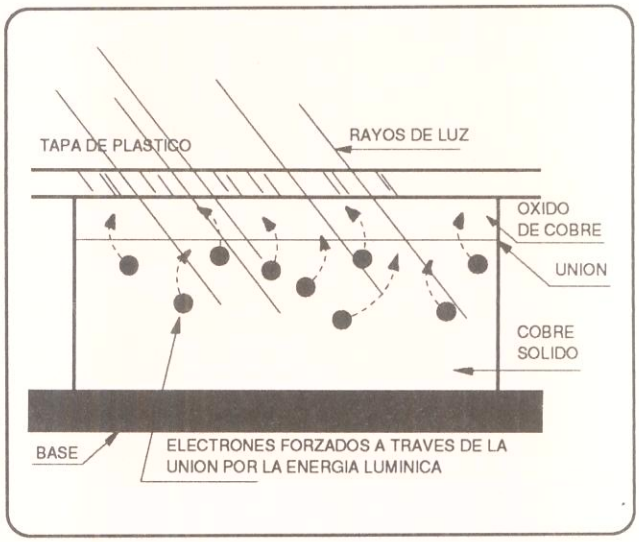


Fig. 4.39 Componentes de una típica celdilla solar.

4.9 FUENTES PRACTICAS DE ENERGIA ELECTRICA:

Desde que se comenzó a utilizar la electricidad, los hombres de ciencia han tratado de encontrar fuentes adecuadas para el abastecimiento de energía eléctrica. Aunque se conocen muchas maneras de convertir otras formas comunes de energía en electricidad, solo unos pocos de esos procesos se usan en gran escala. Casi toda la electricidad usada en hogares e industrias se produce por medio de **generadores electromagnéticos** (aparato que produce electricidad por inducción electromagnética). El equipo eléctrico o electrónico portátil, por lo general funciona con pilas secas o acumuladores. Las pilas fotovoltáicas y las pilas de combustible tienen un uso más restringido.

En esta parte del trabajo, se estudiarán las fuentes prácticas más comunes de conversión de otras formas a energía eléctrica.

4.9.1 PILAS SECAS:

Todas las pilas secas son en realidad pilas voltáicas. La diferencia básica entre esta última y la pila moderna es el **electrolito o solución ácida**.

En la pila voltáica clásica, el electrolito es una solución de ácido sulfúrico diluido (Fig. 4.40). Este líquido se derrama fácilmente y es peligroso, por esta razón, la pila voltáica no se usa como fuente de energía en aparatos portátiles. En las pilas secas modernas, el electrolito se mezcla con almidón, para formar una pasta espesa (Fig. 4.40). La pila seca se sella para protegerla de la humedad exterior. Estos detalles hacen a la pila seca moderna una fuente de electricidad portátil y segura. Los tipos más comunes de pilas secas son: **la pila seca de carbón y zinc (pila Leclanché), la pila alcalina de maganeso, la pila de mercurio**.

4.9.1.1 LA PILA SECA DE CARBON Y ZINC (PILA LECLANCHE):

La pila Leclanché es la fuente de electricidad portátil más barata. Se fabrica en una gran variedad de tamaños y formas (Fig. 4.24-A y 4.41).

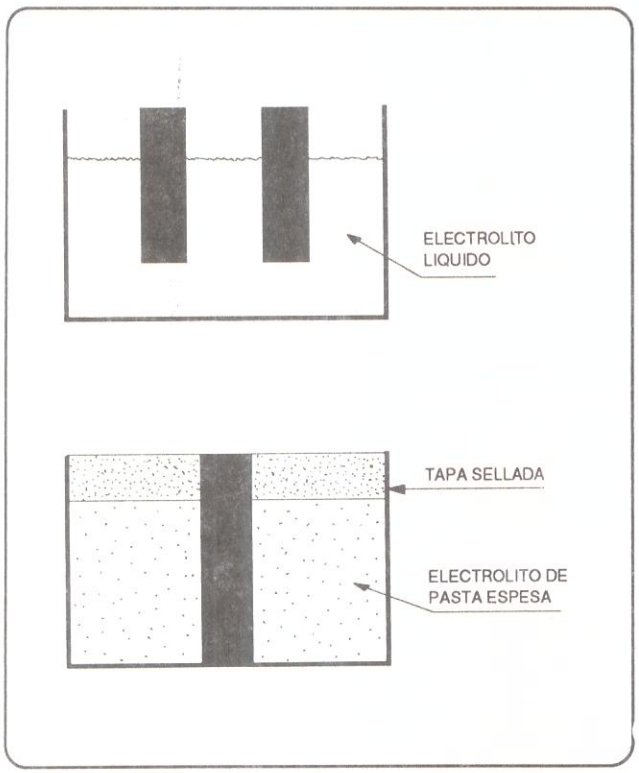


Fig. 4.40 Pila voltáica clásica. Pila seca moderna.

En la pila seca se genera electricidad mediante la reacción química entre **cloruro de amonio y zinc**.

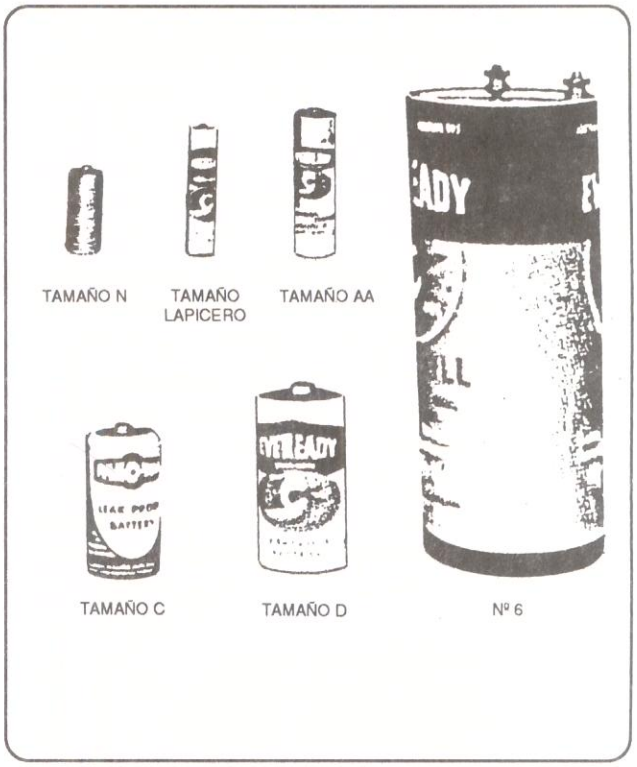


Fig. 4.41 Pilas secas, tamaños industriales (véase fig. 4.24-A).

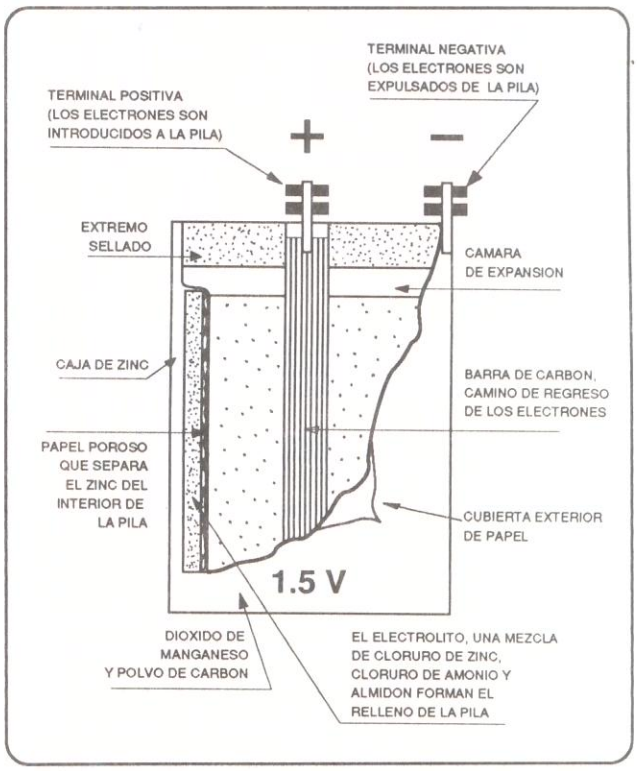


Fig. 4.42 Pila seca de carbón y zinc, tamaño industrial (véase fig. 4.24-B).

Los demás materiales usados en su construcción apoyan esta reacción haciéndola más eficiente (Fig. 4.42).

¿Cómo funciona la pila de carbón y zinc?

El cloruro de amonio (electrolito) reacciona con el zinc. La reacción libera energía que saca electrones por el zinc y si hay un camino para ellos, los introduce en la pila por la barra de carbón (Fig.4.43). La cubierta de zinc tiene una carga **negativa** y la barra de carbón una carga **positiva**. La f.e.m. generada por la reacción entre el electrolito y el zinc, en la pila seca de carbón y zinc, es alrededor de **1.5 voltios**, sin importar el tamaño de la pila. A mayor tamaño de pila seca, mayor tiempo generará electricidad con una f.e.m. de 1.5voltios. Contiene dióxido de manganeso y polvo de carbón que actúan como mezcla despolarizante (**durante el funcionamiento de la pila, la barra de carbón se recubre con hidrógeno, a este proceso se le llama polarización**). El oxígeno que es parte de esta mezcla se combina con el hidrógeno, y forman agua. Como resultado, la pila se despolariza y opera con mayor eficiencia.

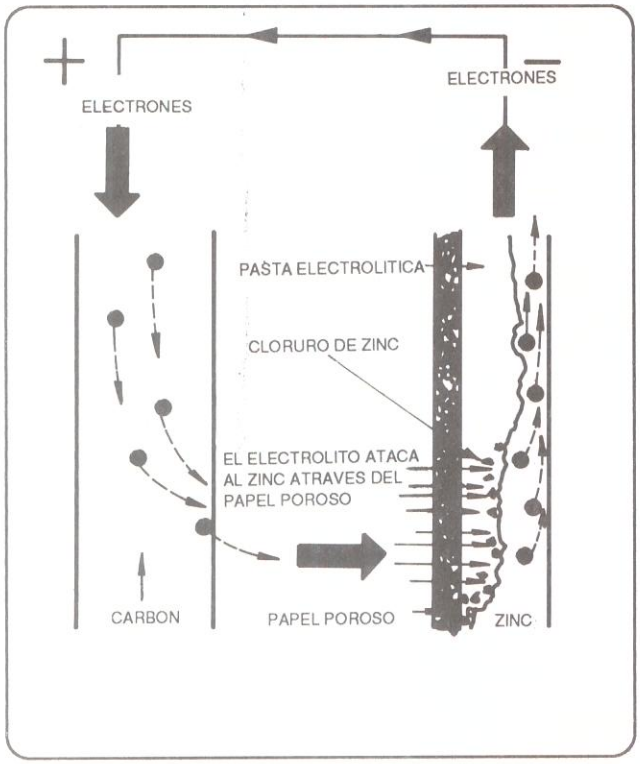


Fig. 4.43 Acción en la pila.

Si se completa un circuito cerrado de la terminal negativa (zinc) a la positiva (carbón) de la pila, la f.e.m. que se produce en la reacción genera una **corriente contínua de electrones**. Si se abre el circuito, ya sea mediante un interruptor o al quitar la carga, la reacción química de la pila se interrumpe. Sin embargo continuarán otras reacciones indeseables, llamadas **acción local** y destruirán la pila, aún cuando no se use. Esta acción local es causada por pequeñas cantidades de otros metales, llamados **impurezas** que producen reacciones químicas contínuas, que deterioran la pila, hasta volverla inservible. Estas reacciones tienen lugar en varios puntos de la superficie de la carga de zinc y, en ocasiones, perforan la cubierta de zinc, esté trabajando la pila o no. El electrolito escurre, entonces, al exterior de la pila y la hace inservible (Fig. 4.42). Como precaución, la pila debe quitarse del equipo, si no se usa frecuentemente.

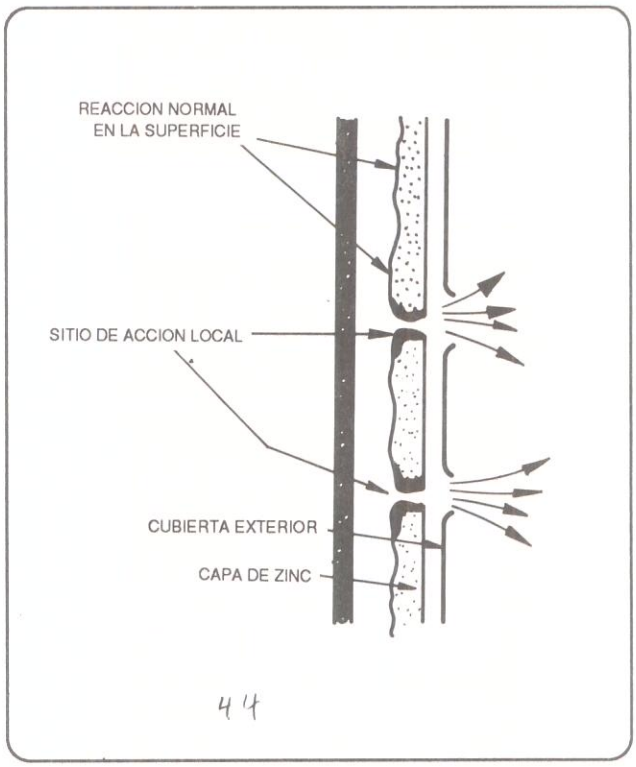


Fig. 4.44 Acción local.

4.9.1.2 LA PILA SECA ALCALINA DE MANGANESO:

Esta pila también llamada **pila alcalina**, es mucho más eficiente que la pila de carbón y zinc. Una pila alcalina proporciona hasta diez veces más energía que una pila de Leclanché del mismo tamaño.

La pila alcalina se fabrica en los mismos

tamaños y formas que las de carbón y zinc (AA,C,D y varios tamaños especiales). El cilindro exterior de zinc pulverizado es el **electrodo negativo** de la pila. Ahí es donde tiene lugar la reacción química principal entre el zinc y la solución cáustica (electrolito). El cilindro interno está aislado de la tapa superior y hace contacto directo con el fondo plano de la pila. La tapa superior es la terminal positiva y el fondo plano es la terminal negativa. La f.e.m. obtenida de una pila alcalina es de 1.5 voltios. Se usa como sustituto de la pila Leclanché y pueden permanecer almacenadas durante más de dos años, antes de usarlas.

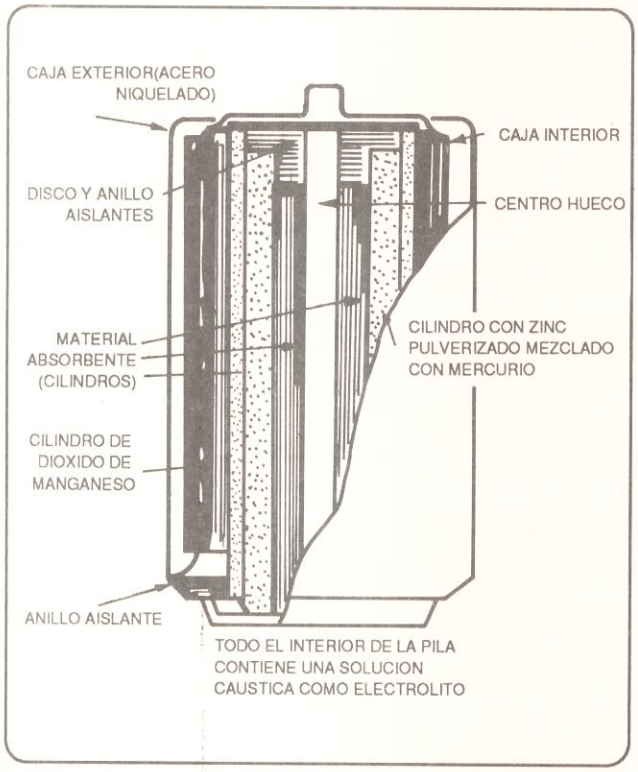


Fig. 4.45 Pila alcalina tamaño "D"

4.9.1.3 LA PILA DE MERCURIO:

La pila de mercurio inventada durante la II Guerra Mundial, por **SAMUEL RUBEN** tiene muchas ventajas sobre la pila Leclanché:

* Puede ser almacenada por períodos largos sin perder su carga, debido a la acción local.

* De ella se obtiene gran cantidad de energía.

* Mantiene un voltaje constante de 1,4 voltios cuando está descargándose.

En la pila de mercurio (Fig. 4.46 y 4. 48), el electrodo negativo está constituído por una amalgama de zinc (zinc y mercurio mezclados). La cubierta de mercurio evita el efecto de la acción local. El electrodo positivo es una perla (perdigón) de óxido de mercurio y el electrolito, hidróxido de potasio, se encuentra en los poros de un material de relleno. En la industria moderna este tipo de pila es de gran importancia por su gran rendimiento energético y para cualquier instalación que tenga que ocupar un volumen mínimo, por ejemplo, en los aparatos para corregir sordera.

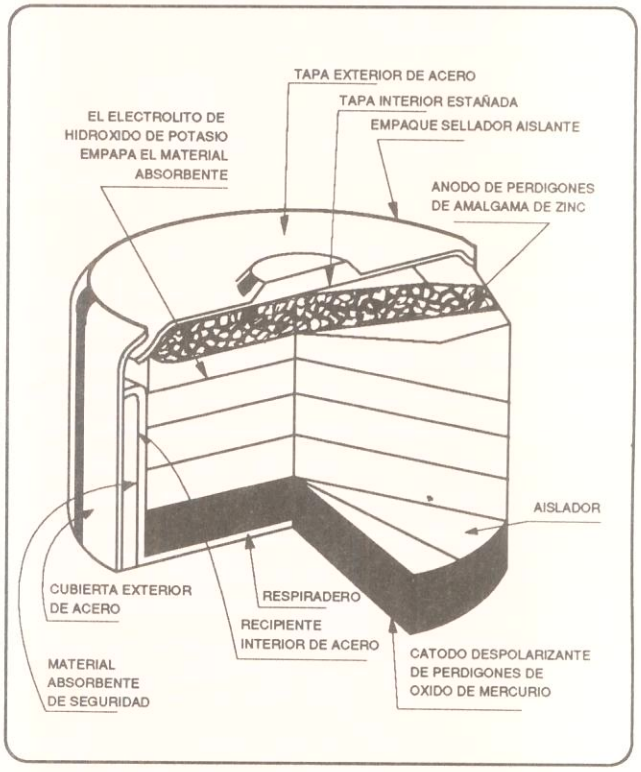


Fig. 4.46 Componentes de una típica pila de mercurio.

Los recipientes de estas pilas presentan diversos aspectos: los más pequeños son como botones (Fig. 4.45).

Es importante en esta sección del trabajo definir el concepto de **batería**, que a menudo es mal usado.

La palabra **batería**, que originalmente significaba un grupo de armas de fuego que se disparaban juntas, fue utilizada por los primeros científicos -estudiosos de la electricidad- para designar a un conjunto de pilas individuales, agrupadas para formar una **batería de pilas**. Podemos definir que una batería es **una combinación de dos o más pilas o celdas, conectadas entre sí.**

Fig. 4.47 Pilas y baterías de mercurio, de tamaño comunes.

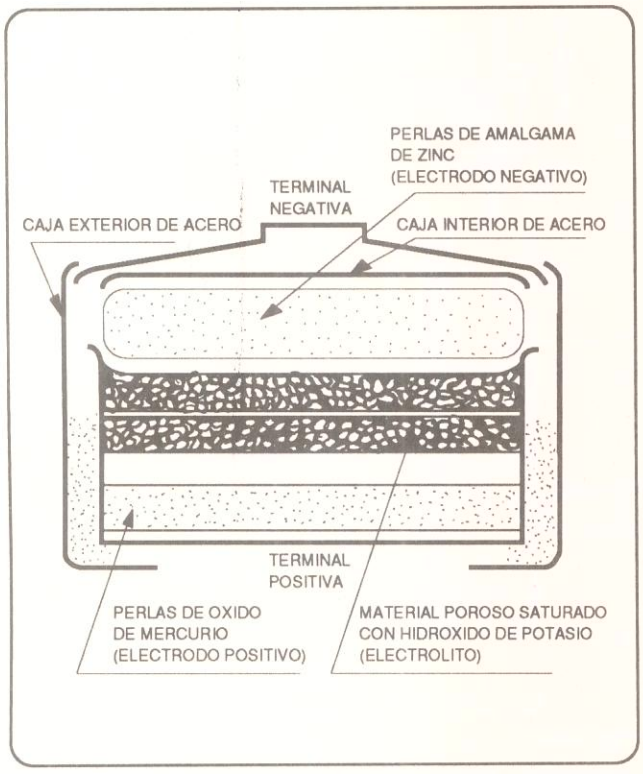


Fig. 4.48 Componentes de una pila de mercurio.

Las pilas se pueden conectar en serie cuando se desea obtener una f.e.m. mayor que la proporcionada por una sola pila (Fig. 4.47-A y 4.48-B). Cuando lo que se desea es obtener una intensidad mayor que la de una sola pila, se conectan en **paralelo** (Fig. 4.49-A y 4.48-B).

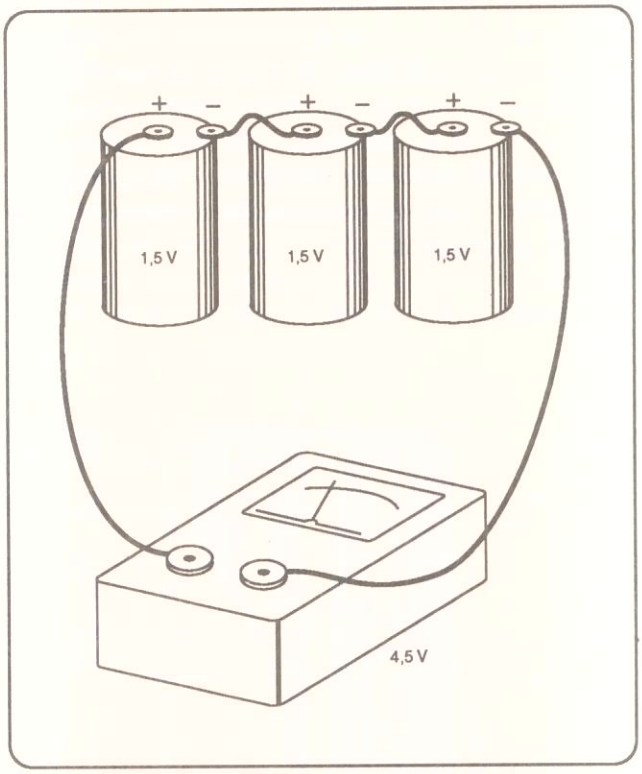


Fig. 4.49 Pilas conectadas en serie formando una batería de 4,5v.

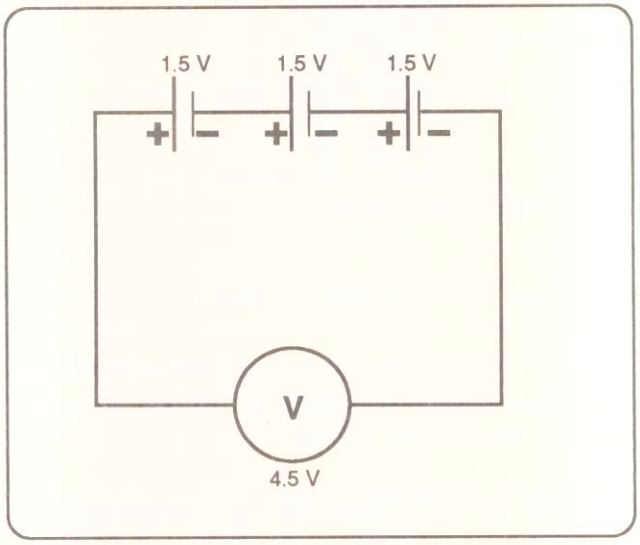


Fig. 4.50 Diagrama de una batería de 4,5v.

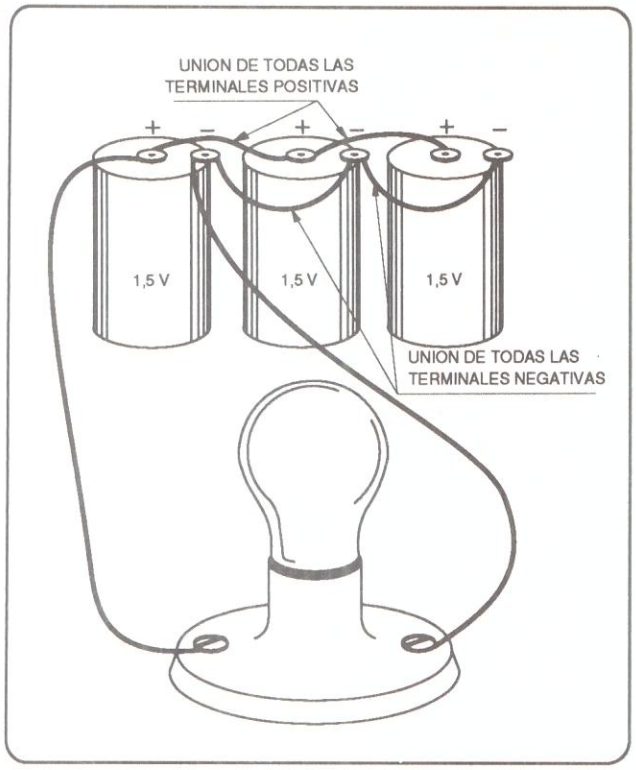


Fig. 4.51 Dibujo pictórico de tres pilas conectadas en paralelo.

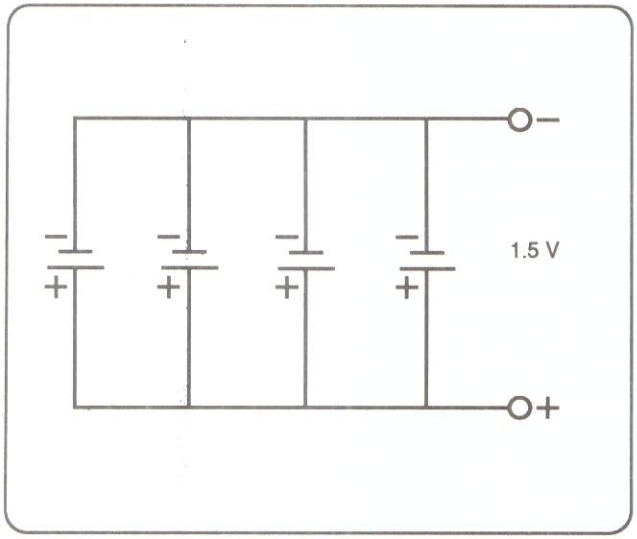


Fig. 4.52 Diagrama de tres pilas conectadas en paralelo.

4.9.2 ACUMULADORES:

4.9.2.1 LA CELDA DE PLOMO EN ACIDO:

El acumulador de plomo, en esencia, consiste en **dos placas de plomo sumergidas en ácido sulfúrico diluído** (se usa una solución de ocho partes de agua y dos de ácido, se echa el ácido en el agua y no a la inversa).

Al sumergir los dos electrodos en el ácido, ambos se cubren de una ligera capa de sulfato de plomo ($Pb\ SO^4$). Pero todavía no es una pila, porque si bien posee electrolito y dos electrodos, éstos no son **diferentes.** Los electrodos se diferencian durante la carga, es decir, cuando a través del acumulador se hace pasar una **corriente directa**. Mientras dura la carga en el cátodo (electrodo negativo), se desprenden **burbujas de hidrógeno** y en el ánodo (electrodo positivo) de **oxígeno**. La placa del ánodo se cubre de una sustancia de color pardo llamado **dióxido de plomo** (PbO_2). Al terminar el proceso de carga, tenemos dos electrodos diferentes: **uno de plomo** y otro de **dióxido de plomo**. Al unir los dos electrodos con un circuto externo se produce una corriente eléctrica. ¿Cuándo cesa esta corriente? **Cuando los electrodos vuelvan a ser iguales: se dice entonces que el acumulador se ha descargado**.

Las reacciones químicas que ocurren durante la carga y descarga, permiten comprender mejor la transformación de los electrodos, las que podemos resumir así: durante el proceso de **carga del acumulador** un electrodo queda el plomo, y el otro de dióxido de plomo; la **solución se enriquece en ácido sulfúrico**, durante el proceso de **descarga del acumulador** los dos electrodos se recubren de sulfato de plomo y la **solución se empobrece en ácido sulfúrico**. Las reacciones de carga y descarga se sintetizan de la siguiente manera: (Fig. 4.51)

En el ánodo (electrodo positivo):

SULFATO + SULFATO DE PLOMO + AGUA = ACIDO SULFURICO + DIOXIDO DE PLOMO

En el cátodo (electrodo negativo):

HIDROGENO + SULFATO DE PLOMO = ACIDO SULFURICO + PLOMO

Conviene notar que el acumulador no acumula electricidad, sino que se trata de un aparato que transforma energía. Durante la carga se suministra energía eléctrica al acumulador, y este la transforma en energía química. Durante la descarga ocurre el proceso contrario: la energía química acumulada durante la carga se transforma en energía eléctrica. Cuando un acumulador queda descargado, no es que se le ha agotado la energía eléctrica almacenada, sino que se ha agotado la energía química, y los electrodos se han vuelto iguales.

Las celdas de plomo en ácido son el modelo más antiguo de acumular que aún se usa. Puede suministrar grandes cantidades de corriente de electrones por períodos de tiempo cortos, como se requiere para encender el motor de un automóvil. El acumulador más sencillo es una celda que puede producir una f.e.m. de 2 voltios (Fig. 4.52). En la industria se fabrican acumuladores (baterías) que tienen conectadas en serie de tres a seis celdas para producir 6 voltios o 12 voltios, de acuerdo con las necesidades.

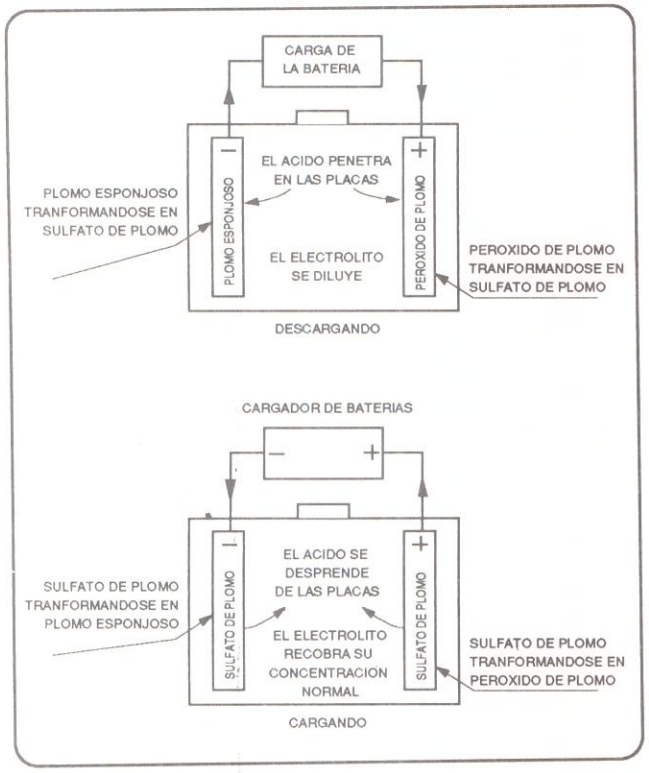


Fig. 4.53 Reacciones químicas que se verifican en una celda de plomo en ácido cuando ésta se carga y se descarga.

Se considera pertinente mencionar algunos cuidados que se debe tener cuando se trabaja o manipula baterías de plomo en ácido.

* Produce vapores venenosos, cuando se está cargando.

* El hidrógeno producido durante la carga de las celdas forma en el aire una mezcla explosiva.

* Debe mantenerse en posición vertical, o muy cerca de ella, cuando está en uso.

* Su vida efectiva se acorta mucho si es cargada rápidamente.

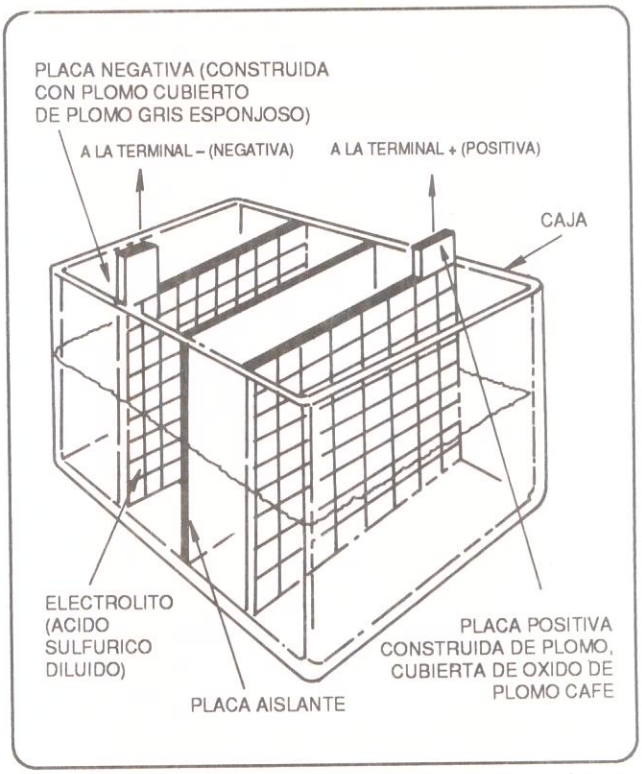


Fig. 4.54 Dibujo simplificado del acumulador de plomo en ácido.

4.9.2.2 LA CELDA DE NIQUEL Y CADMIO:

La celda de níquel y cadmio es de invención muy reciente. También puede suministrar grandes cantidades de corriente de electrones, pero no tiene los inconvenientes del acumulador de plomo en ácido. Los materiales que utiliza son **cadmio** (electrodo negativo), **óxido de níquel** (electrodo positivo) y **pasta de hidróxido de potasio** (electrolito). Muchos de estos acumuladores recargables tienen forma cilíndrica o de paralelepípedo. Su forma y tamaño es idéntica a la de las pilas secas.

Estos acumuladores modernos están completamente sellados, su pasta electrolítica les permite funcionar en cualquier posición. La f.e.m. de estos acumuladores cuando están completamente cargados es 1,25 voltios y pueden almacenarse, cargados o no, durante largos períodos de tiempo, ya que la parte electrolítica no ataca los materiales activos, cuando el acumulador no está en uso.

Un acumulador completamente cargado, tiene una f.e.m. de 1,25 voltios, cuando su voltaje baja a 1,10 voltios debe considerarse descargado. La más pequeña diferencia de voltaje entre la pila cargada y la descargada indica que la pila proceso de descarga. La gran eficiencia y solidez de estos aparatos ha estimulado la

producción de aparatos nuevos, operados por baterías, tales como televisores y herramientas eléctricas.

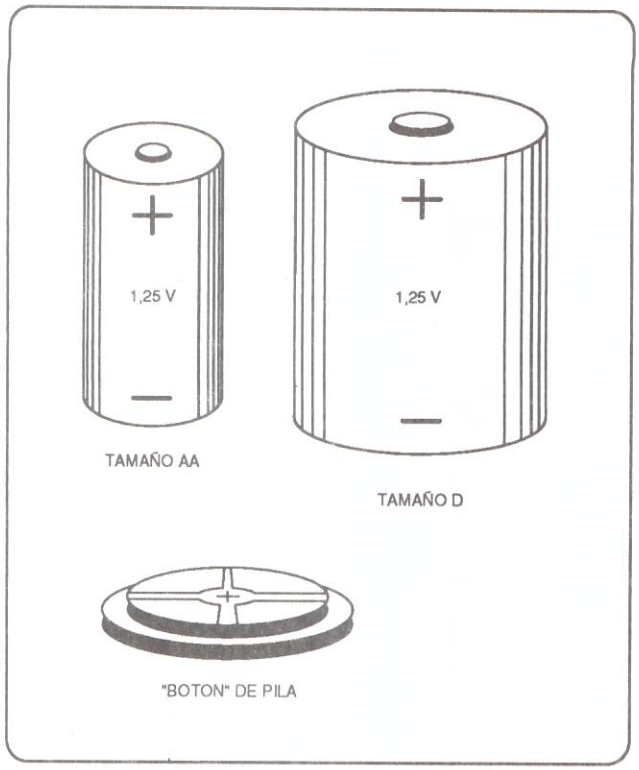


Fig. 4.55 Tamaños comunes de pilas de cadmio y níquel.

4.9.3 PLANTA GENERADORA HIDROELECTRICA

4.9.3.1 INTRODUCCION:

Como su nombre lo indica, la Planta Hidroeléctrica es la que aprovecha la energía hidráulica para producir energía eléctrica.

Se sabe que la energía se transforma, es decir, no se crea ni se destruye. Para obtener energía eléctrica debemos partir de alguna otra forma de energía para realizar el proceso de transformación.

Al concentrar grandes cantidades de agua en un embalse se obtiene inicialmente **energía potencial**. Por la acción de la gravedad, el agua adquiere energía cinética o de movimiento: pasa de un nivel superior a otro muy bajo, a través de las obras de conducción. A la energía desarrollada por el agua al caer se le denomina **energía hidráulica**.

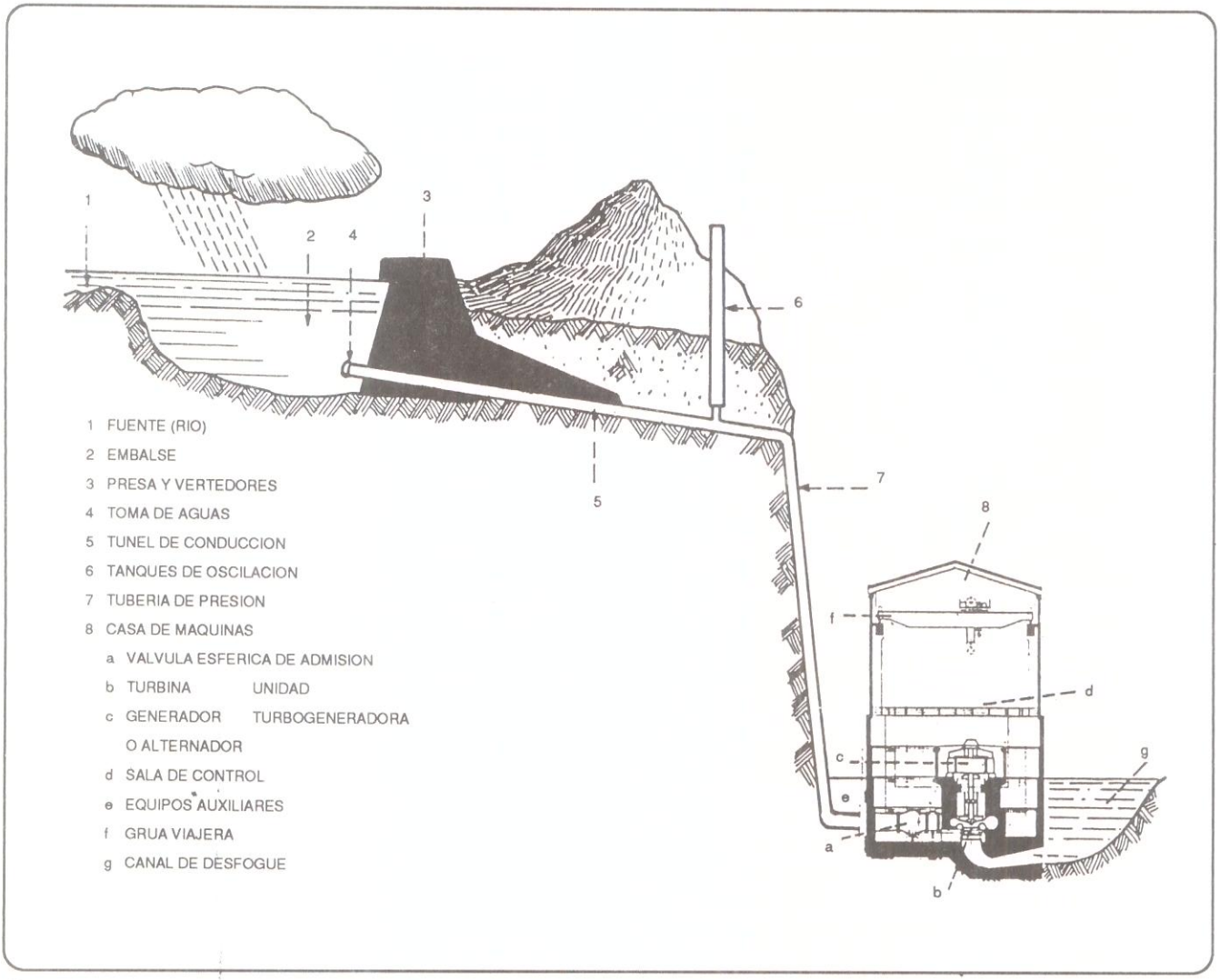
Por su masa y velocidad, el agua lleva energía cinética que se aplica a las turbinas, las cuales transforman la energía hidráulica en **energía mecánica**. Esta se transmite a los generadores acoplados a las turbinas.

Los generadores producen energía eléctrica, la cual pasa a la subestación contigua o cerca de la planta. La subestación eleva la tensión o voltaje para que la energía llegue a los centros de consumo.

Todo el proceso es conducido desde la Sala de Control de la Casa de Máquinas.

Las partes constitutivas del complejo hidroeléctrico son:

- Fuente de abastecimiento
- Obras de conducción
- Casa de máquinas
- Subestación



Feg. 4.54 Esquema de una planta Hidroeléctrica.

4.9.3.2 FUENTE DE ABASTECIMIENTO

La fuente de abastecimiento permite que la planta se mantenga en funcionamiento, al suplir constantemente el agua con un caudal regulado (véase Fig. 4.54).

La fuente está constituída por uno o varios ríos que aportan sus aguas a un **embalse**, el cual es fundamental para que el suministro de agua no se vea afectado por los frecuentes cambios del caudal del río o ríos. El embalse, pues, regula el caudal aprovechable.

Para formar el embalse es necesario estudiar el área determinada de un río con un caudal preestablecido y definir el sitio para construir la **presa**.

La presa es una pared artificial que cierra un valle o depresión geográfica donde se almacena el agua.

En otros casos, la presa deriva un cierto caudal hacia las obras de conducción.

Para levantar la presa, se construye un túnel que desvía provisionalmente el cauce del río; por tal razón dicho túnel se llama **túnel de desvío**. En el área libre se construye la obra.

La presa puede incluir una estructura denominada **aliviadero o vertedero**, el cual permite que el agua excedente aportada al embalse sea liberada y fluya directamente al cauce natural aguas abajo.

Si la presa es vertedora, el caudal excedente vierte sobre ella, una vez que ha superado el nivel máximo del embalce.

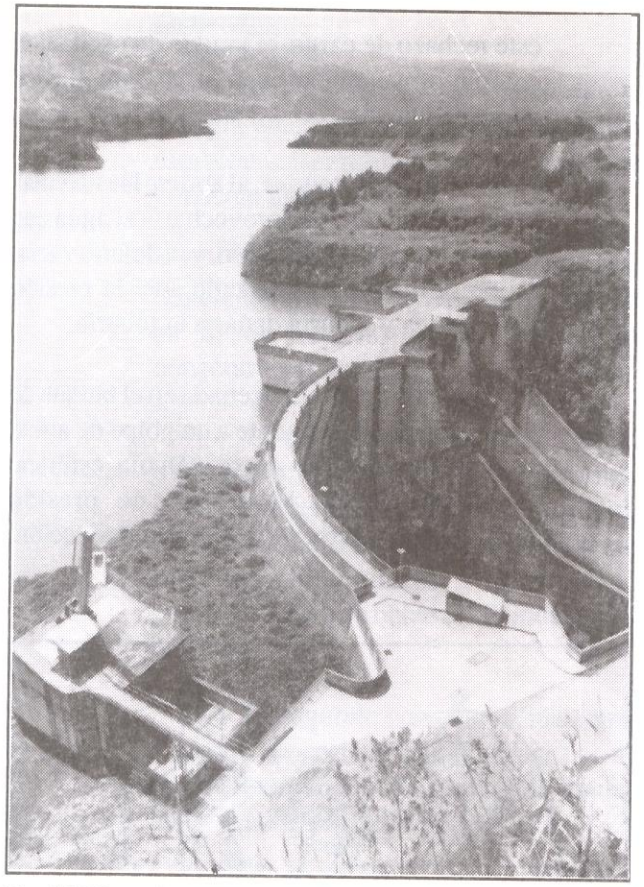


Fig. 4.56 Presa de arco y embalse de Cachí.

4.9.3.3 OBRAS DE CONDUCCION:

Son las que realizan el traslado del agua desde el embalse hasta las turbinas (véase Fig. 4.54).

Pueden ser canales, túneles o a veces una combinación de ambos y siempre rematan con la **tubería de presión o tubería forzada**.

A. Canal:

Es una obra de conducción de agua expuesta sobre la superficie del suelo. Se encuentra en la parte alta, generalmente entre el río y el embalse.

Puede incluir un desarenador, parte más profunda y ancha que el resto del canal. Su función es la de permitir el acumulamiento en él de arena y otros sólidos que el agua arrastra y que reducen el volumen de líquidos en el embalse.

4.9.3.4 CASA DE MAQUINAS:

Es la edificación donde se produce la energía eléctrica. También se llama planta generadora o planta, en este caso, planta hidroeléctrica. Consta de varias partes, entre las más importantes se encuentran las unidades turbogeneradoras, la sala de control y los equipos auxiliares; otras de menor importancia son la grúa viajera, la bodega, el desfogue, etc. (véase Fig. 4.54).

A. Unidades turbogeneradores:
Cada una está constituida por un acoplamiento entre una turbina y un generador.

1. Turbina:
Es el elemento que transforma la energía hidráulica en mecánica, para accionar al generador. Las turbinas hidráulicas instaladas en las plantas del I.C.E. son de dos tipos:

a. **Pelton**

b. **Francis**

a. Turbina Pelton:
Son ruedas de impulso empleadas en caídas grandes. El eje es de posición horizontal. Como ejemplo de este tipo, son las turbinas de la Planta de Río Macho, que aprovechan una caída de 450 metros.

b. Turbina Francis:
Llamada también turbina de reacción, de remolino o de vórtice (véase Fig. 4.54).

En ellas el agua incide de costado y el chorro cae verticalmente. El eje es vertical. Se emplea en caídas medianas. Ejemplos de este tipo son las instalaciones en las plantas de La Garita, Cachí y Arenal.

Antes de que el agua ingrese a la turbina debe pasar a través de la válvula esférica de admisión.

Una vez que el agua ha movido la turbina, pasa al desfogue, o sea, al sitio de salida de la planta, que generalmente está constituida por un canal que conduce las aguas del río.

Parte del agua libre se emplea en el enfriamiento de las unidades.

B. Túnel:

Es un tramo de conducción bajo la superficie del suelo. Si se inicia en una de las paredes del embalse, la entrada estará constituida por la **toma de aguas**, la cual tiene en el frente unas rejillas para evitar que objetos voluminosos y restos de plantas o animales penetren al túnel. En su extremo posterior, la toma cuenta con una compuerta de acceso que permite o no que las aguas lleguen a la planta, según las necesidades, generalmente está cubierta.

C. Tubería de presión o forzada:

Es el tramo final de la conducción. Como su nombre lo especifica, es la que soporta las máximas presiones internas causadas por el agua. Cuenta con válvulas disipadoras de energía de admisión para regular el flujo hacia las turbinas.

D. Tanque de oscilación:

Es una estructura de protección del túnel y de la tubería de presión.

En él se cumple el principio hidráulico de los vasos comunicantes, ya que el agua recupera dentro de él el nivel que haya en el embalse al cerrarse las válvulas de admisión de la casa de máquinas.

El tanque de oscilación absorbe la potentísima onda de choque, llamada **golpe de ariete**, producida por el cierre de válvulas. Esta onda incrementa considerablemente la presión interna de la tubería y se propaga hasta el tanque, el cual se ha llenado previamente y en forma muy rápida. El agua en él acumulada, amortigua el golpe de ariete y así no se daña el túnel.

Al subir el agua dentro del tanque, recupera gradualmente el nivel que tenía en el embalse.

Mientras se estabiliza, el agua oscila de nivel, de ahí el nombre del tanque. Simultáneamente, el recorrido del agua cesa. Además de asumir este rechazo de carga, el tanque de oscilación cumple otra función cuando las válvulas se abren de nuevo.

Si no exisitiese el tanque, al abrirse las válvulas la succión producida aprovecharía el agua que haya en la tubería de presión, y la dejaría vacía. La presión interna sería nula ante la presión atmosférica y podría dañar a la tubería.

El agua que quede almacenada en el tanque de oscilación posteriormente a un golpe de ariete por cierre repentino de la válvula esférica, sirve para llenar la tubería de presión previamente a la reapertura de la conducción.

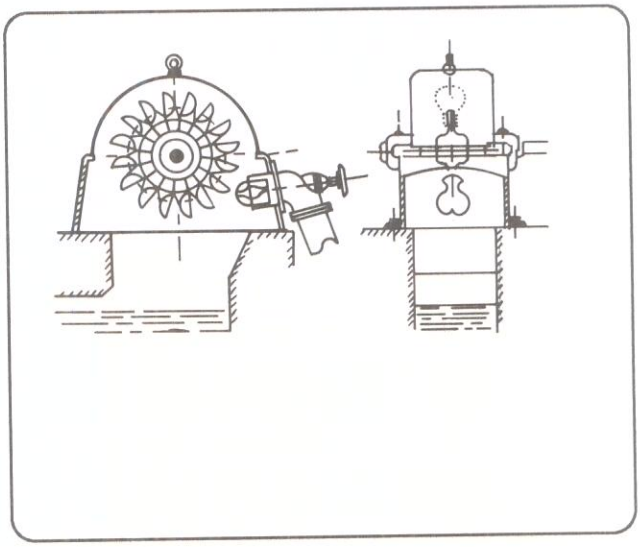


Fig. 4.57 Turbina Pelton.

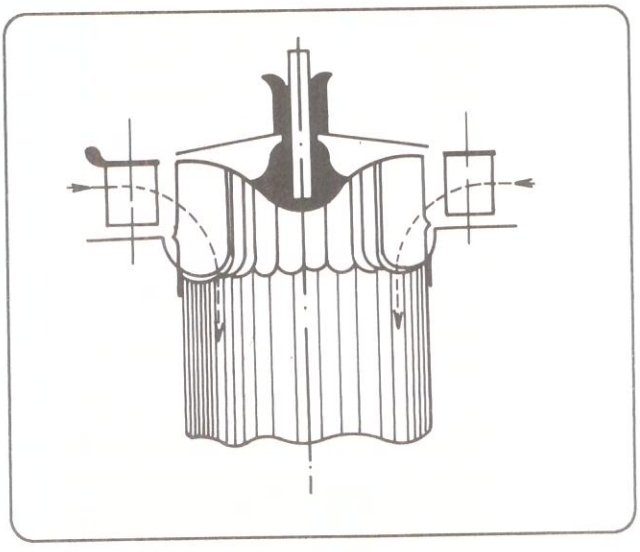


Fig. 4.58 Turbina Francis.

2. Generador:

Es la máquina que transforma la energía mecánica en eléctrica. Se llama también **alternador** porque conduce corriente alterna.

Está formado, básicamente, por dos elementos: uno cuyo nombre genérico es el de **estator** y otro que gira concéntricamente en éste, llamado **rotor**

Uno de ellos debe crear un campo magnético, alimentado con corriente directa (corriente de excitación del campo), tomada de la exitatriz. A dicho elemento se le denomina **inductor** y está formado por un conjunto de bobinas. El inductor es el rotor.

El segundo elemento actúa como receptor de corrientes inducidas, por lo que se llama inducido. A él están unidas las barras de salida de la corriente.

El estator, pues, es el que ocupa el lugar del inducido.

La corriente eléctrica se origina por el campo magnético establecido entre el rotor y el estator, al girar el rotor impulsado por la turbina se rompe el campo magnético y se produce una corriente de electrones. Esta corriente se induce a relativamente bajo voltaje, por lo que se envía al transformador de potencia, el cual sube el voltaje a un valor muy alto, para que se efectúe la transmisión hasta los centros de consumo. En estos hay subestaciones reductoras cuyos transformadores reducen el voltaje para distribuir la energía en la zona. Finalmente, cerca de las instalaciones del usuario ocurre una última reducción del voltaje, para ajustarlo a las características del funcionamiento de sus aparatos.

El fenómeno físico mediante el cual se obtiene la energía eléctrica se denomina **inducción electromagnética.**

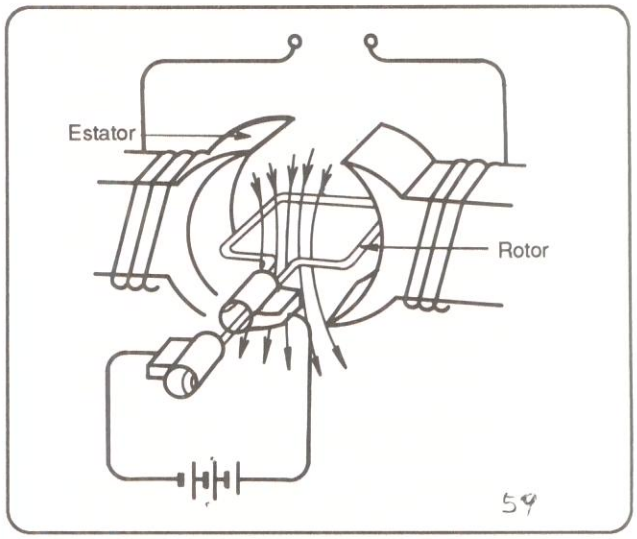


Fig. 4.59 Esquema simplificado de un generador.

3. Sala de control:

Como se capta por el nombre, la sala de control es el sitio donde un personal sumamente capacitado efectúa la labor de control del proceso total de generación de la planta.

Tiene los siguientes equipos, para tal efecto:

a. **Pupitres de mando:**
se instala uno por cada unidad turbogeneradora.
b. **Tableros indicadores:**
para lectura y registro.
c. **Alarmas y protecciones.**
d. **Sistemas de comunicación:**
central telefónica, línea directa y equipos de radio; intercomunicadores.
e. **Tableros de mano para las subestaciones:**
además de lo indicado, en la casa de máquinas se encuentran:

Equipos auxiliares, como bombas de agua para el enfriamiento de las unidades, bombas lubricantes, extintores de fuego y equipos para la autoalimentación eléctrica, también llamado servicio propio.

Banco de baterías que proporcionan la corriente eléctrica necesaria para que la planta entre en generación, en caso de que la alimentación externa se interrumpa cuando aquella no esté generando.

Obras de desfogue, o sea, las que permiten la salida de las aguas libres después de haber cumplido su cometido.

Grúa viajera, es una poderosa grúa montada en la parte alta de la edificación. El "carro" viaja a lo largo de los rieles y el gancho o "tecle" corre de lado a lado dentro del carro. Se emplea para el montaje y para dar servicio de mantenimiento a las unidades.

Oficinas y salas varias.
Taller.
Bodega.

4.9.3.5 SUBESTACION:

Los generadores de la planta producen la corriente eléctrica a relativamente bajo voltaje, lo cual haría imposible que el servicio en los centros de consumo fuese de buena calidad.

Por tal motivo, es necesario utilizar una subestación, la cual cuenta con otra serie de equipos que permiten regular dicho servicio.

La subestación se instala contiguo o cerca de la planta generadora y en ella se encuentran los siguientes equipos (véase Fig. 4.59):

A. **Transformadores de Potencia**

Se usan para elevar el voltaje al nivel adecuado de transmisión.

B. **Disyuntores**

Sirven para interrumpir el paso de la corriente.

C. **Seccionadores:**

Se emplean para aislar sectores de consumo.

D. **Transformadores de medición de corriente y voltaje**

E. **Aisladores de paso**

Sostienen las partes energizadas y aislan los cables de unión entre los distintos equipos.

F. **Pararrayos**

Para la protección de los equipos contra las descargas atmosféricas (rayos).

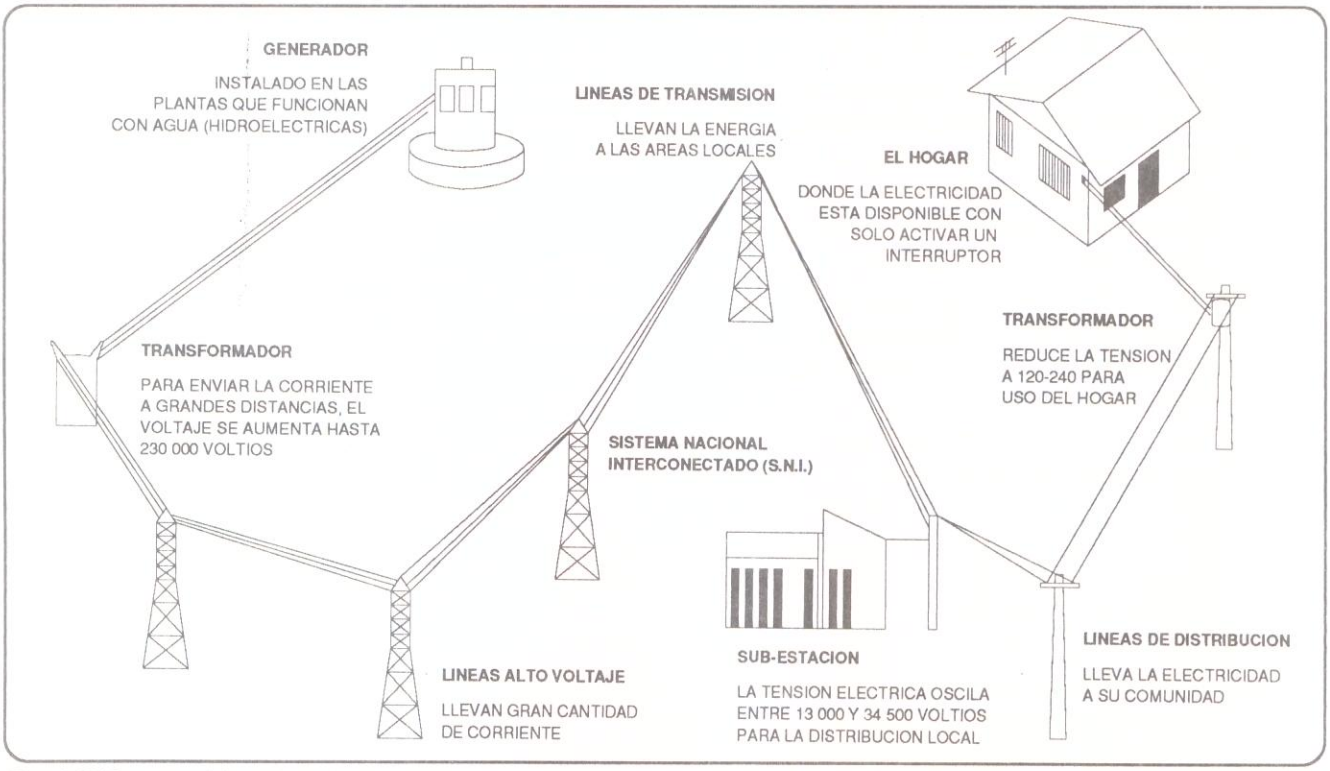


Fig. 4.60 Esquema del servicio eléctrico.

G. **La malla a tierra:**

Es un enrejado subterráneo de cables que descargan los voltajes inducidos en las estructuras.

H. **Hilos-guarda:**

Es una malla aérea de protección para evitar la caída de las descargas atmosféricas directamente sobre los equipos de la subestación.

4.9.3.6 PLANTAS ELECTRICAS DE COSTA RICA (a febrero de 1988)

I. Instituto Costarricense de Electricidad:

a. Hidroeléctricas del Sistema Nacional Interconectado:

NOMBRE	GENERADORES	CAPACIDAD INSTALADA KW
La Garita	4	127.380
Río Macho	5	120.000
Cachí	3	100.800
Arenal	3	157.398
Corobicí	3	174.012
Cacao	2	672
Los Lotes	1	375
Avance	1	240
Puerto Escondido	1	184

b. Termoeléctricas del Sistema Nacional Interconectado:

NOMBRE	GENERADORES	CAPACIDAD INSTALADA KW
Colima	6	19.450
San Antonio-vapor	2	10.000
San Antonio-Gas	2	38.100
Barranca	2	41.600
Moín	4	32.000
Las Horquetas	1	150

c. Termoeléctricas en centros aislados:

NOMBRE	GENERADORES	CAPACIDAD INSTALADA KW
Puerto Jiménez	4	850

II. Compañía Nacional de Fuerza y Luz:

Plantas Hidroeléctricas del Sistema Nacional Interconectado:

NOMBRE	GENERADORES	CAPACIDAD INSTALADA KW
Las Ventanas	4	10.000
Nuestro Amo	2	7.500
Belén	4	5.002
Brasil	5	2.800
Electriona	2	2.720
Los Anonos	1	600
Río Segundo	1	250

III. Junta Administrativa de Servicios Eléctricos de Cartago (JASEC):

Plantas Hidroeléctricas del Sistema Nacional Interconectado:

NOMBRE	GENERADORES	CAPACIDAD INSTALADA KW
Birrís No.1	3	1.700
Birrís No.2	1	2.400
Birrís No.3	1	4.320

IV. Empresa Eléctrica Públicos de Heredia:

Planta Hidroeléctrica del Sistema Nacional Interconectado:

NOMBRE	GENERADORES	CAPACIDAD INSTALADA KW
Carrillos	2	2.000
La Joya	3	340

V. Empresa Eléctrica Matamoros S.A.:

Plantas Hidroeléctricas del Sistema Nacional Interconectado

NOMBRE	GENERADORES	CAPACIDAD INSTALADA KW
Hospital	1	412,50
El Carmen	3	1.081,25
Cedral		1.768,40

4.9.3.7 PLANTAS HIDROELECTRICAS EN GRAFICAS:

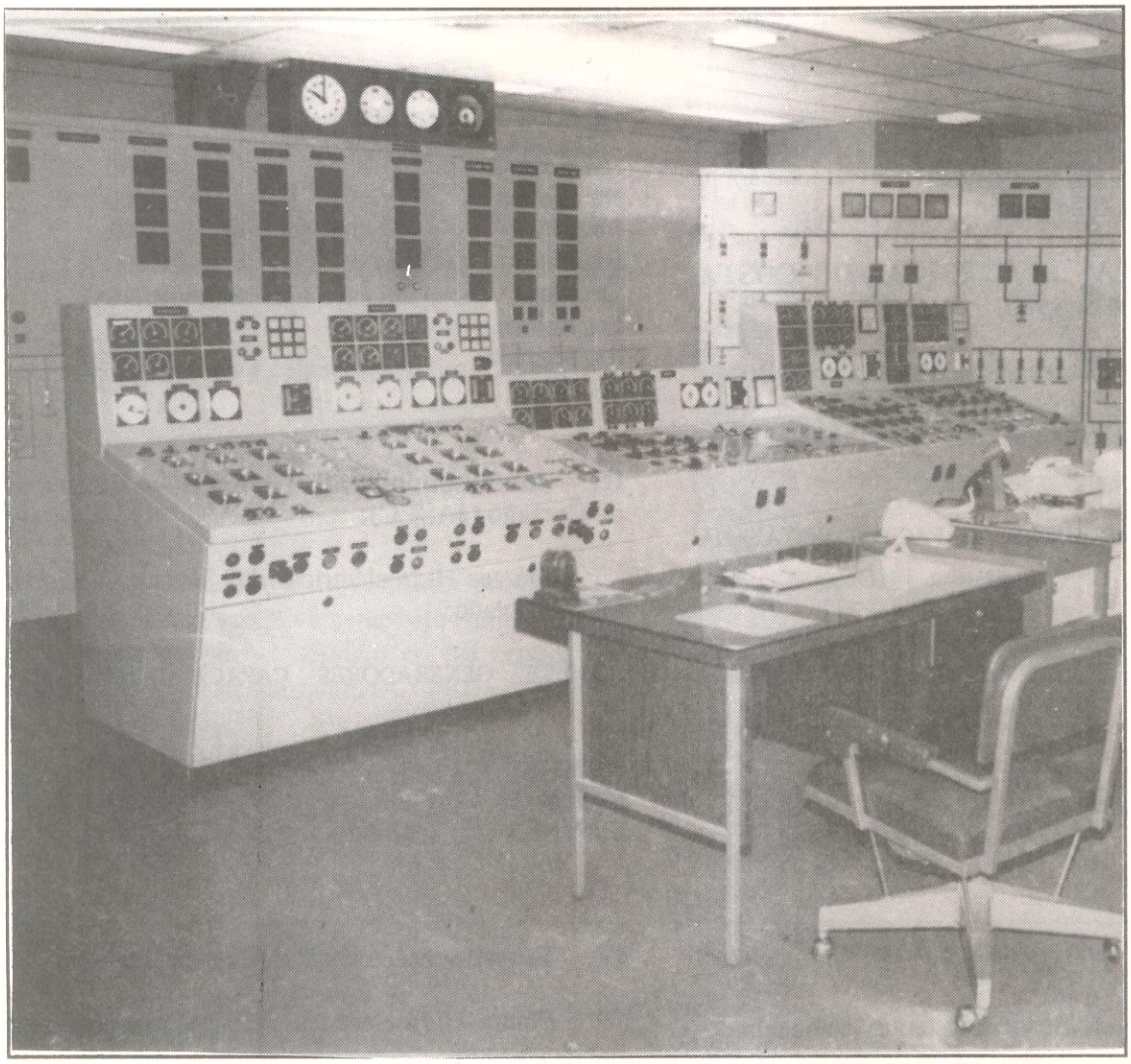


Fig. 4.60 Sala de Control de Río Macho.

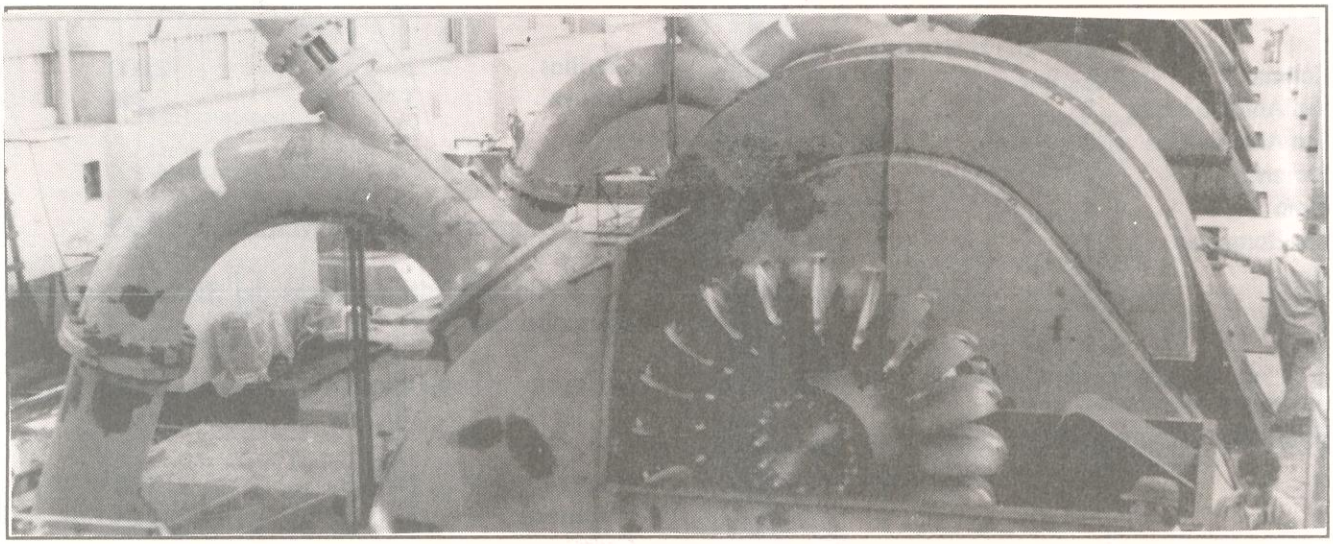


Fig. 4.61 Unidades Turbogeneradoras de Río Macho, con turbinas tipo Pelton o eje horizontal.

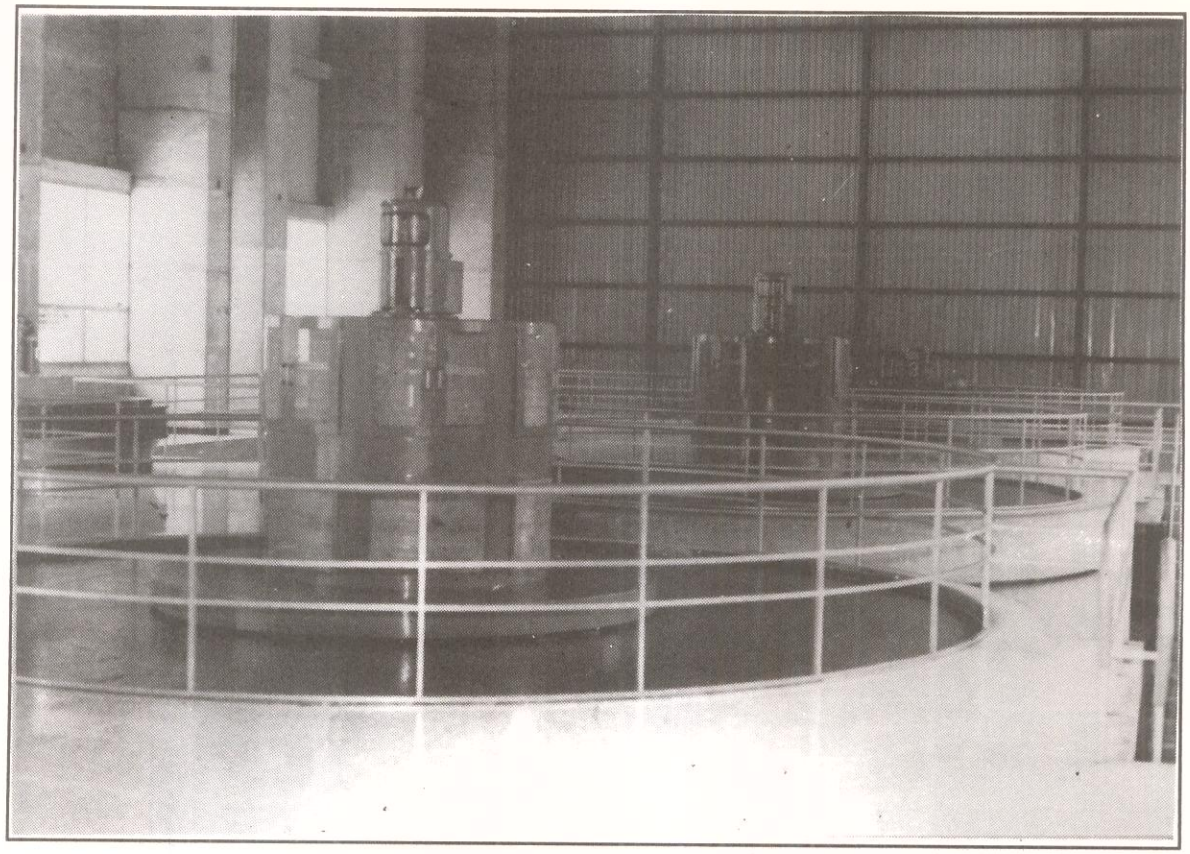


Fig. 4.62 Generadores de la Planta de Cachí, acoplados a turbinas tipo Francis que tienen eje vertical.

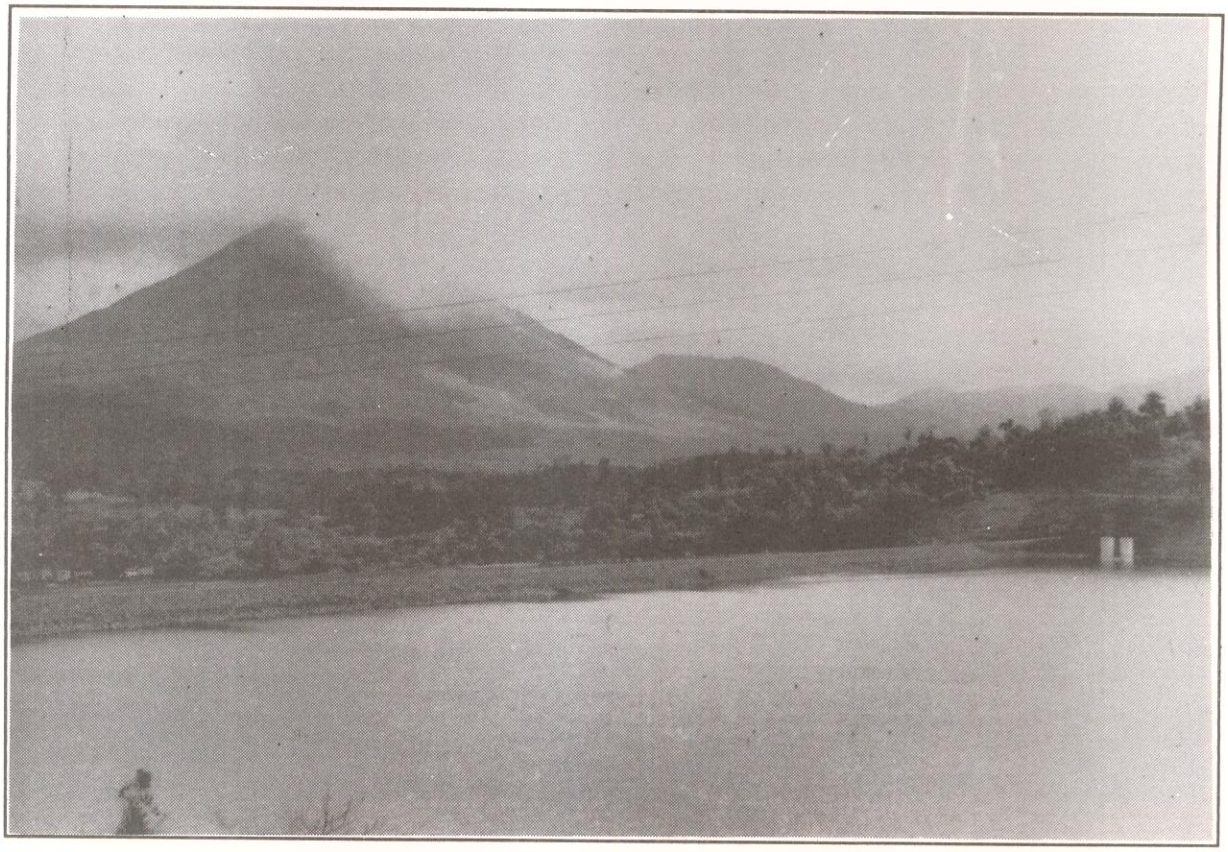


Fig. 4.63 Presa Sangregado, Embalse y Volcán Arenal.

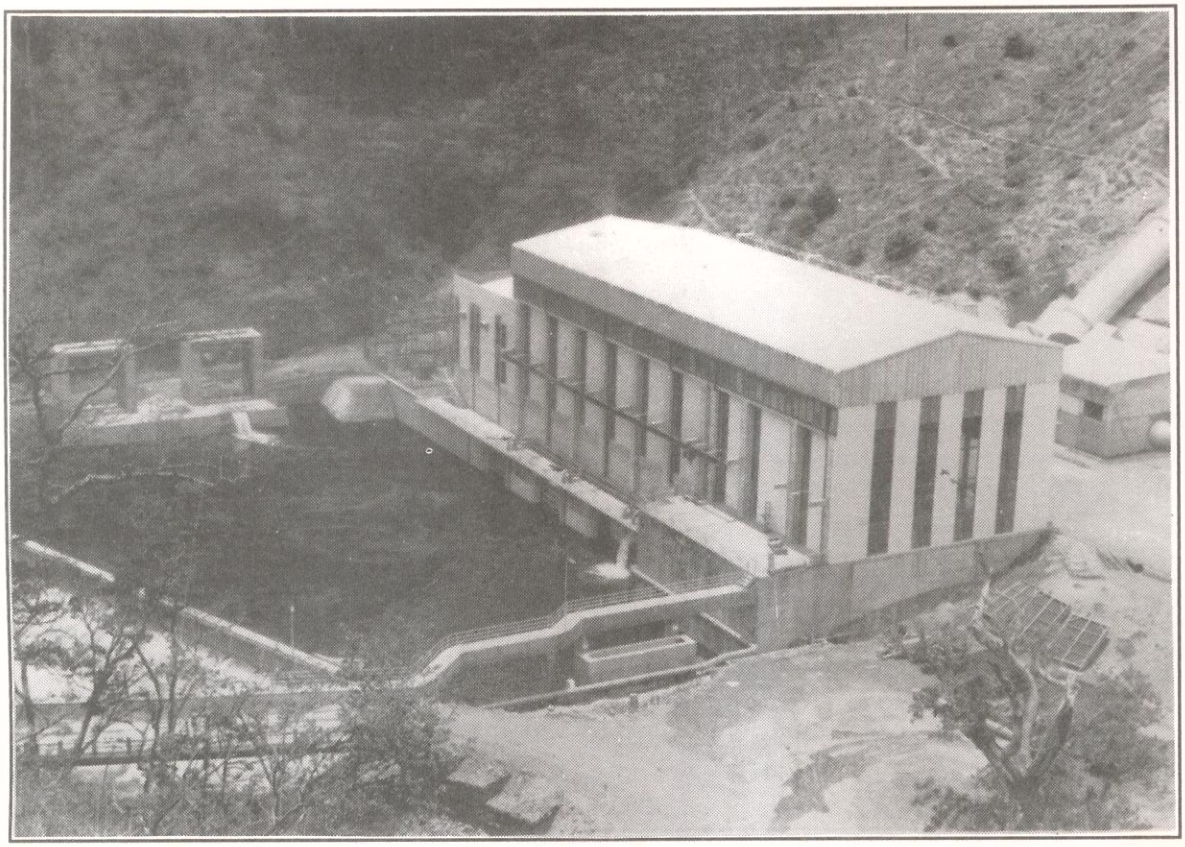


Fig. 4.64 Casa de máquinas Arenal y Toma de aguas de Corobicí.

Fig. 4.65 Túnel de conducción de Arenal.

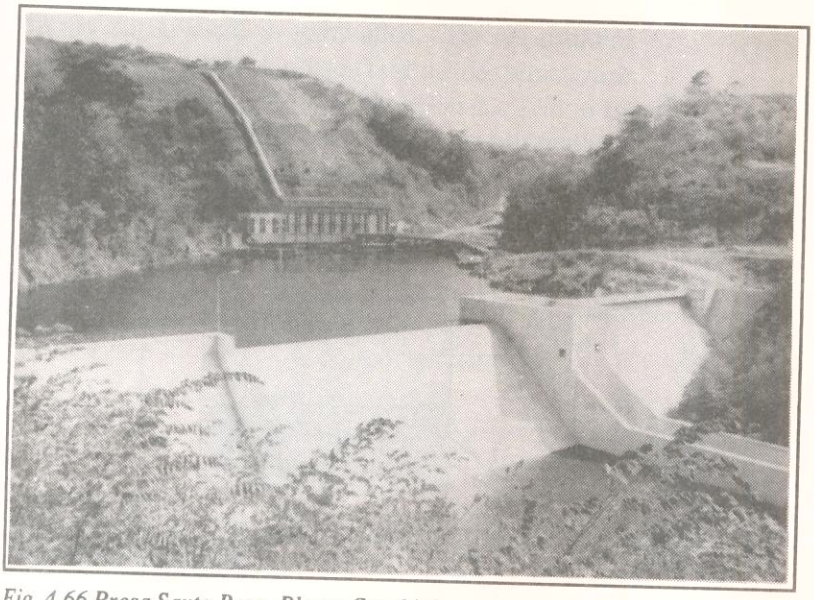


Fig. 4.66 Presa Santa Rosa, Planta Corobicí.

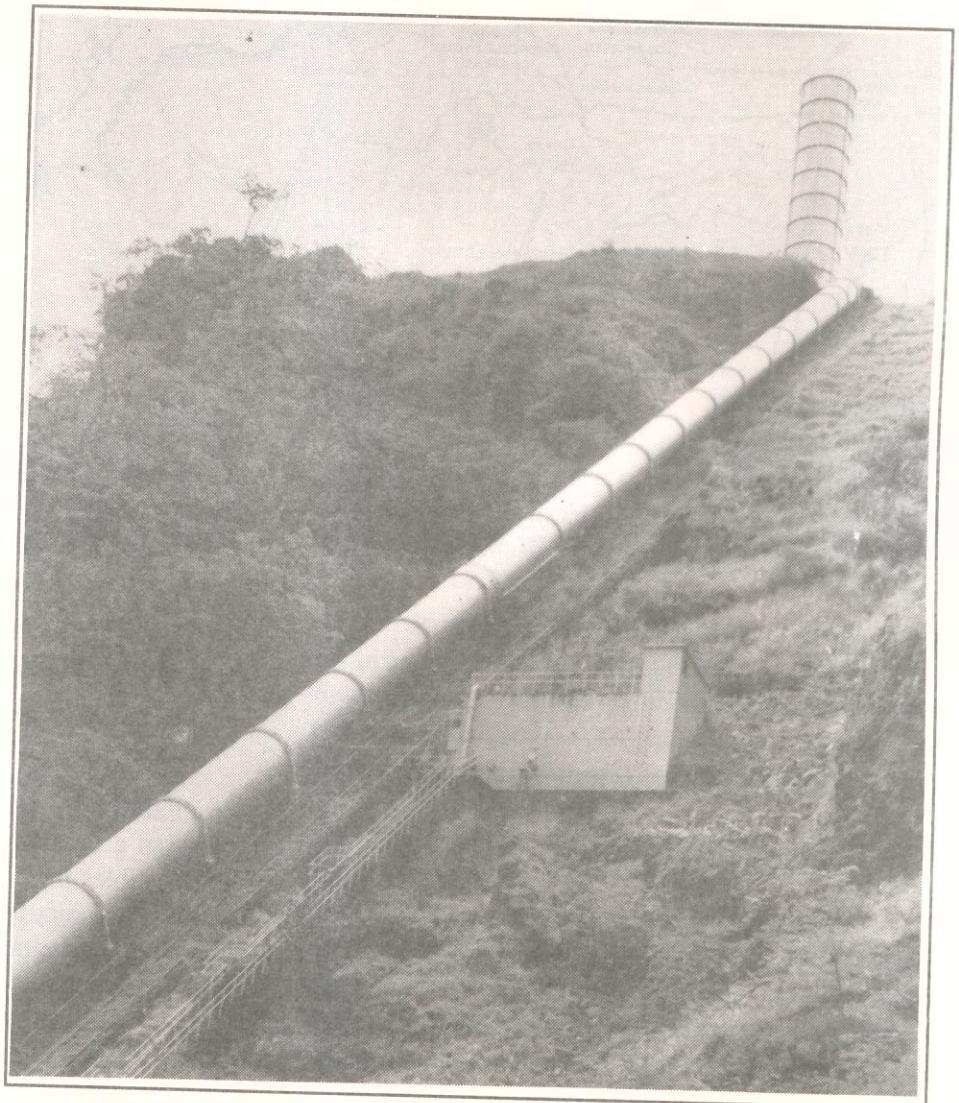


Fig. 4.67 Tubería de presión y tanque de oscilación en una planta hidroeléctrica como la de Ventanas - Garita.

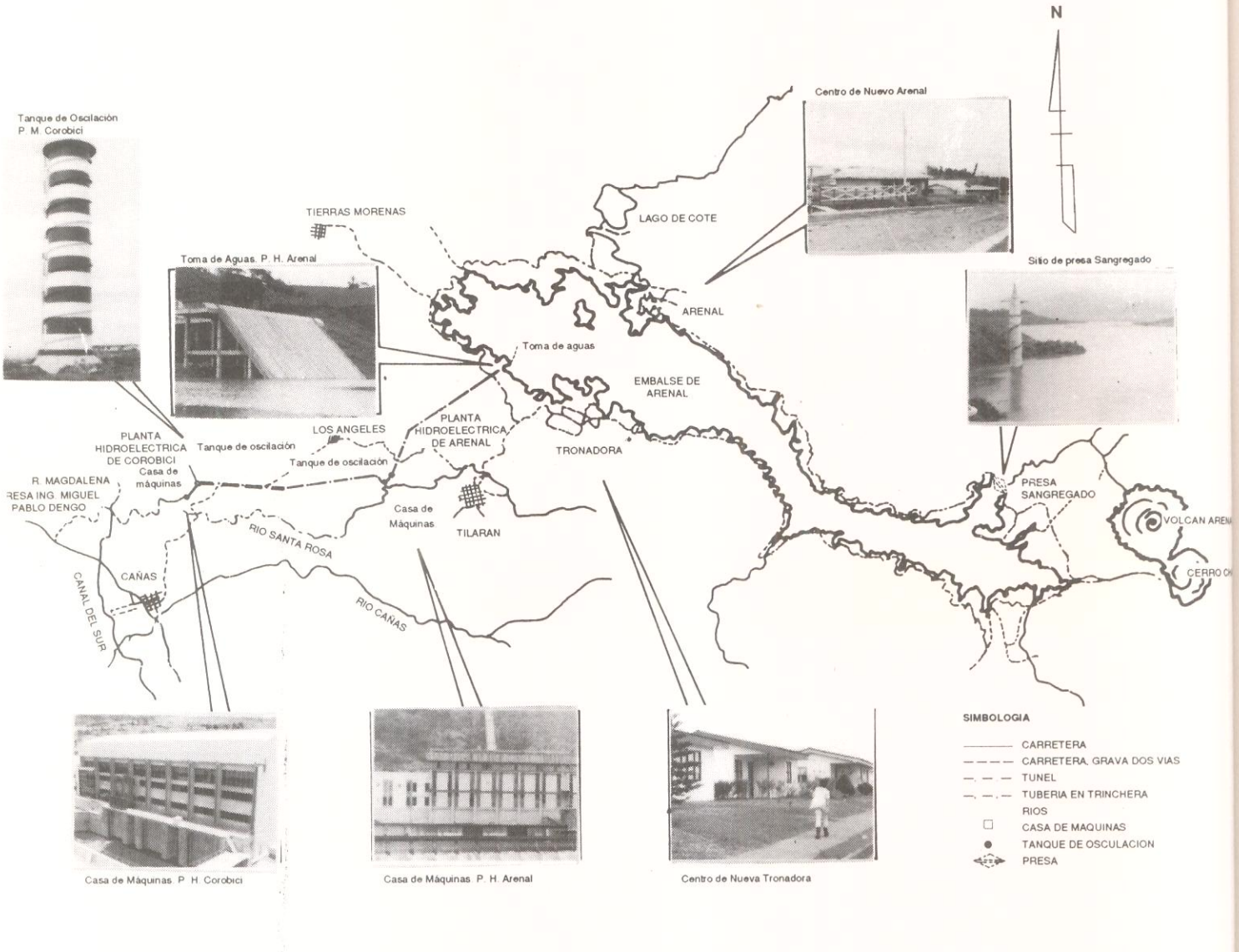


Fig. 4.68 Complejo Hidroeléctrico del Arenal.

4.9.4 PLANTA GENERADORA GEOTERMICA:

4.9.4.1 INTRODUCCION:

El Proyecto Geotérmico representa la respuesta del ICE a las crisis energéticas de los años 1973-1974. Esta situación afectó el suministro y costo de los combustibles derivados del petróleo, hizo patente la debilidad de los países que dependían exclusivamente de los hidrocarburos para llenar sus necesidades energéticas básicas (transporte, energía eléctrica, industria, entre otras).

Las plantas geotérmicas, dada su característica de producción uniforme a través del tiempo, reemplazarán a las térmicas convencionales que utilizan combustibles importados, en su función de complementar los recursos hidroeléctricos, cuya única desventaja es su gran variación a través del año, debido al cambiante régimen de los ríos.

El ICE inició, a partir de 1974, los estudios del Proyecto Geotérmico Miravalles, dentro del anterior concepto de la sustitución de las plantas térmicas convencionales, en las faldas sur de los volcanes Orosí,

Rincón de la Vieja y Miravalles. De los estudios preliminares se determinó que la zona más atractiva se ubica en el "Triángulo Las Hornillas-La Unión-La Fortuna", sobre las faldas sur del Volcán Miravalles y dentro de la jurisdicción administrativa del cantón de Bagaces (Fig. 4.70).

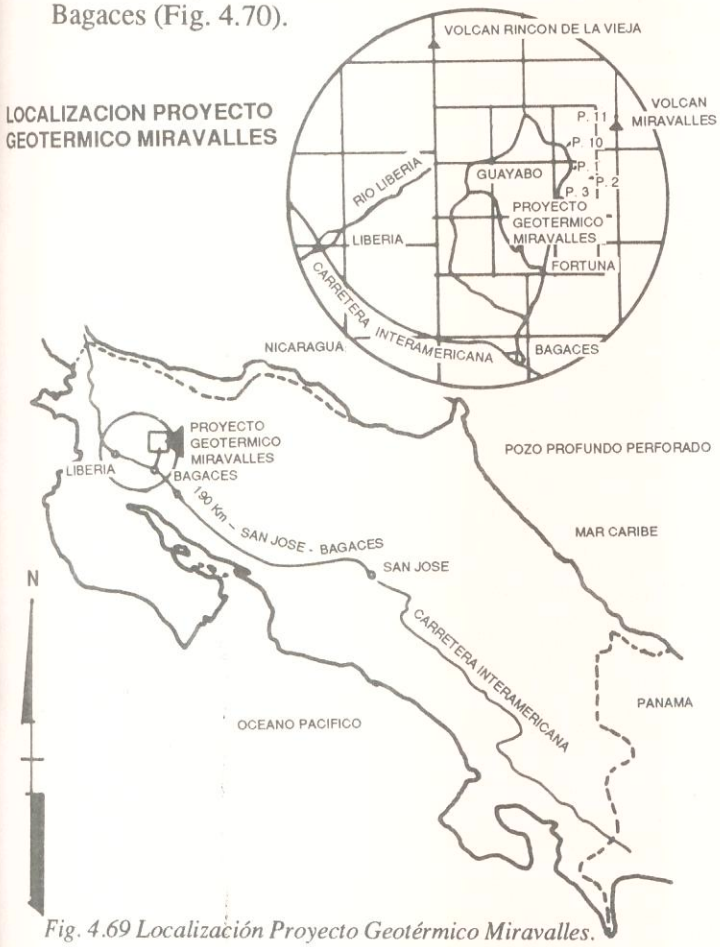


Fig. 4.69 Localización Proyecto Geotérmico Miravalles.

encuentra acumulada en forma de calor. Este fluido es el agua, la cual se puede encontrar en estado líquido, gaseoso o en una mezcla de ambos.

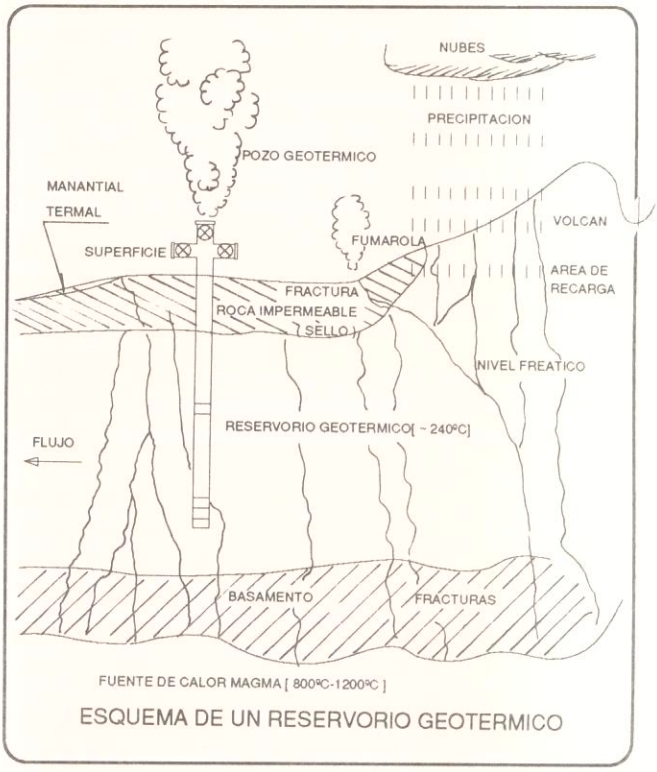


Fig. 4.70 Esquema de un campo geotérmico.

4.9.4.2 ¿QUE ES LA ENERGIA GEOTERMICA?:

En forma general, la energía geotérmica es la energía almacenada bajo la superficie de la tierra en forma de calor. Su aprovechamiento comercial sólo es posible en aquellos lugares en donde coexisten algunos factores que dan origen a la existencia de un campo geotérmico propiamente dicho.

Esquemáticamente, un campo geotérmico está formado por (véase Fig. 4.70):

a. Una fuente de calor magmático.
b. Una zona de roca permeable (frecuentemente llamada "reservorio"), en la cual se puede almacenar un fluido capaz de transportar la energía, que en ella se
c. Una capa sello o capa confinante que impide que los fluidos calientes suban hasta la superficie y disipen la energía en la atmósfera.

Para localizar estos recursos energéticos en las áreas estudiadas fue necesario efectuar una serie de investigaciones, basadas en las siguientes disciplinas: Geofísica, Geoquímica y Geohidrología, hasta concluir con la perforación y prueba de los pozos productores.

4.9.4.3 ¿COMO SE UTILIZA LA ENERGIA GEOTERMICA?:

Una vez que, mediante varias perforaciones se ha comprobado la existencia de un "reservorio" o yacimiento geotérmico comercialmente explotable, se procede a completar el caudal de fluido requerido para mover la turbina, para lo cual se perforan los pozos adicionales que sean nesesarios en función de la producción energética de cada pozo. La potencia que

se obtiene de cada perforación puede variar entre 4 000 y 6000 KW como promedio, con casos excepcionales de pozos de 15 000 y hasta 30 000 KW cada uno.

Para mover las turbinas se utiliza solamente el vapor de agua, al cual se le debe eliminar toda la humedad posible y cualquier partícula sólida.

El fluido geotérmico se hace pasar por un separador ciclónico que separa el vapor del agua caliente. Esta última se descarta enviándola a un río, a un lago o al mar, o se reinyecta al interior de la tierra (Fig. 4.71).

El vapor se hace circular por turbinas de paletas múltiples, que extraen al vapor su energía, hacen girar un generador, para producir así la energía eléctrica.

En otras palabras, una planta geotermoeléctrica es una planta de vapor en la que la caldera ha sido reemplazada por el "resevorio" geotérmico y en la que la energía es suministrada por el calor de la tierra, en vez de petróleo u otro combustible.

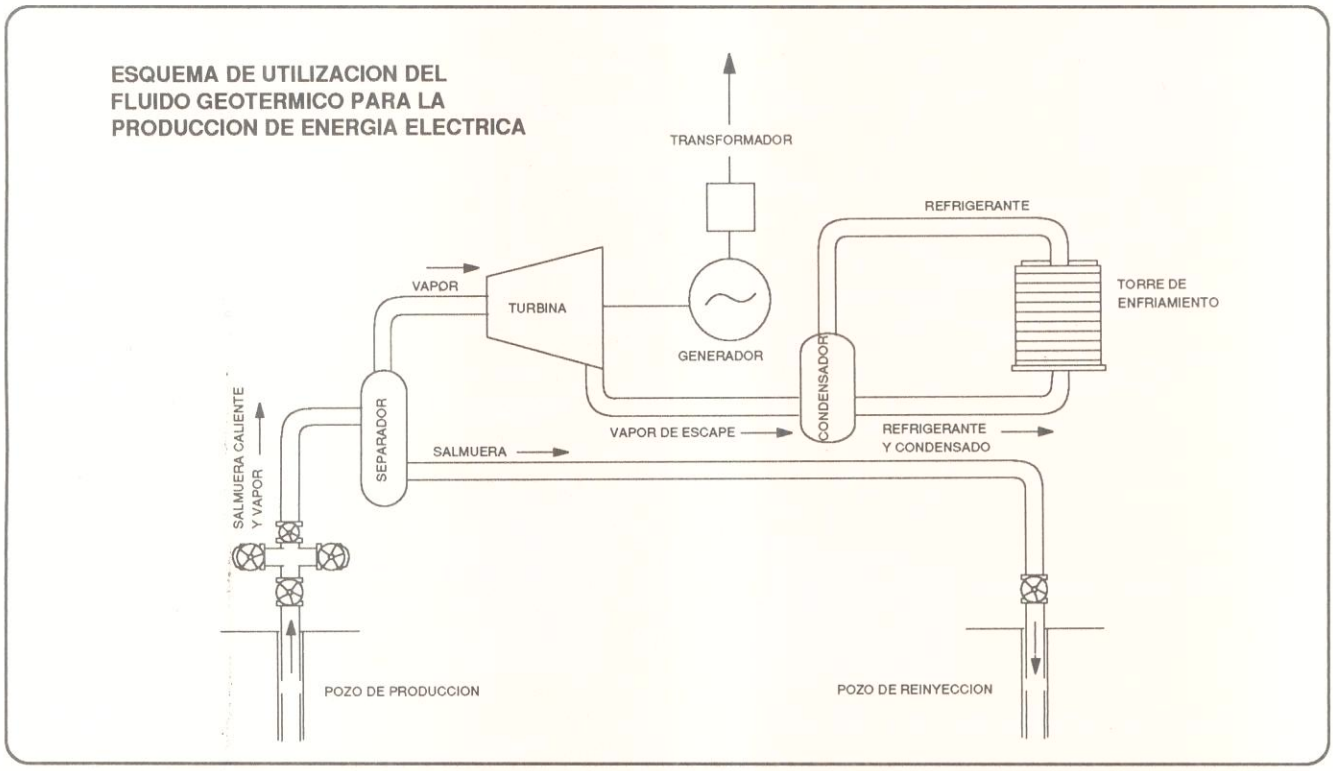


Fig. 4.71 Esquema de utilización del fluido geotérmico para la producción de energía eléctrica.

4.9.4.4 ¿DESDE CUANDO SE UTILIZA LA ENERGIA GEOTERMOELECTRICA?

La energía geotérmica produce electricidad desde 1984 en Larderelo, Italia. En 1985 existían plantas geotermoeléctricas en 17 países con una capacidad total superior a los 4,7 millones de KW. En el campo de los "Geysers" en California está instalada la mayor capacidad geotermoeléctrica del mundo (2,02 millones de KW).

En Centroamérica, El Salvador tiene en operación una planta de 95 000 KW, la cual aporta alrededor de un tercio del total de energía eléctrica producida en ese país. En Nicaragua, la primera unidad de 35 000 KW de la Planta Momotombo inició operaciones en 1983. En Guatemala está por iniciarse la instalación de la primera unidad de 15 000 KW en el campo geotérmico de Zunil.

La siguiente tabla muestra la capacidad instalada en el mundo, a junio de 1985:

CAPACIDAD GEOTERMICA INSTALADA EN EL MUNDO

	PAIS	CAPACIDAD INSTALADA (KW)
1.	Estados Unidos	2022 000
2.	Filipinas	894 000
3.	México	645 000
4.	Italia	519 000
5.	Japón	215 000
6.	Nueva Zelandia	167 000
7.	El Salvador	95 000
8.	Kenya	45 000
9.	Islandia	41 000
10.	Nicaragua	35 000
11.	Indonesia	32 000
12.	Turquía	20 500
13.	China	14 000
14.	Rusia	11 000
15.	Guadalupe	4 200
16.	Portugal (Azores)	3 000
17.	Grecia	2 000
	TOTAL ----------	4 764 700

4.9.4.5 ¿POR QUE CONVIENE UTILIZAR ENERGIA GEOTERMICA EN COSTA RICA?

Aunque Costa Rica posee un vasto potencial hidroeléctrico, estimado en cerca de 9 millones de KW, las variaciones estacionales y anuales que se producen en los caudales disponibles de los ríos, relacionados con la cantidad y distribución de la lluvia sobre las cuencas, obliga a construir grandes embalses para los cuales hay pocos sitios favorables en el país y a complementar las plantas hidroeléctricas con otros medios de generación no hidráulicos.

Antes de la crisis energética del año 1973, se consideraba que la energía hidroeléctrica con un complemento térmico a base de combustibles importados del orden del 30%, producía el precio por KW más favorable para el consumidor.

A partir de ese año y con motivo del incremento en precios y de los problemas de suministro del petróleo que se vislumbraban, la política de desarrollo energético del ICE se orientó hacia una mayor utilización del recurso hidráulico y a la búsqueda de fuentes de energía que hicieran uso de nuestros recursos naturales, a fin de liberar al país de la dependencia de los derivados del petróleo para la generación de la energía eléctrica complementaria.

Dentro de esta política, el ICE reactivó, a partir de 1974, sus estudios sobre los recursos geotérmicos. Los estudios que se efectuaron durante la I Fase de Proyecto Geotérmico, dieron resultados alentadores y las diversas disciplinas utilizadas en estos estudios señalaron el triángulo Hornillas-Unión-Fortuna, situado en las faldas del Volcán Miravalles como la zona en que existían mayores posibilidades de llegar a encontrar un "reservorio" geotérmico comercialmente explotable para la obtención de energía eléctrica (ver localización de Proyecto en la Fig. 4.69). Estas expectativas han sido confirmadas con los resultados obtenidos en los pozos productores perforados.

La planta geotermoeléctrica tiene como ventaja que su energía es más constante a través del tiempo que la hidroeléctrica, es decir su producción energética no sufre las variaciones estacionales y anuales, características de estas últimas plantas. Estas características convierten a la planta geotérmica en un complemento ideal para las plantas hidroeléctricas, evitando así la construcción de plantas térmicas convencionales que utilizan combustibles derivados del petróleo.

4.9.4.6 ¿CUAL ES EL POSIBLE COSTO DE LA ENERGIA GEOTERMICA?:

La experiencia de otros países demuestra que el costo de la energía geotermoeléctrica es un 50% más económica que el de las plantas térmicas más eficientes instaladas en el mundo y similar al producido por plantas hidroeléctricas.

Dado el tamaño de las plantas geotérmicas (entre 30 000 y 50 000 KW), se puede hacer una inversión escalonada, lo cual resulta obviamente favorable, desde el punto de vista económico-financiero, al no tener el sistema una gran capacidad instalada ociosa, mientras se construye la siguiente planta generadora.

4.9.4.7 ¿QUE RESULTADOS SE HAN OBTENIDO CON LA PERFORACION DE POZOS PROFUNDOS EN MIRAVALES?:

Hasta junio de 1987, se habían perforado y probado 8 pozos (#1, #2, #3, #5, #5R, #10,#11, #12) y uno está en proceso de prueba (#15), con profundidades que varían entre los 1 200 y los 2 268 mm.

Estos pozos se perforan utilizando maquinaria similara a la empleada en perforación petrolera, mediante brocas giratorias cuyos diámetros varían entre 660 mm (26") en la superficie a 216 mm (8 1/2") en el fondo. El agujero dejado por estas brocas se recubre con una tubería de acero (ademe), con diámetros que varían entre los 508 mm (20") y los 194 mm (7 5/8"), unida a la roca mediante cemento especial que se inyecta desde la superficie (Fig. 4.72). Los resultados obtenidos con estos pozos se muestran en la siguiente tabla:

POZOS PERFORADOS EN EL PROYECTO GEOTERMICO MIRAVALLES

POZO Nº:	PROFUNDIDAD(m)	TEMPERATURA GRADOS CENTIGRADOS	POTENCIAL ELECTRICO* (KW)
1	1 300	247	5 300
2	2 000	238	3 500
3	1 162	243	7 400
5	1 854	238	5 600
5R	272	238	1 500
10	1 804	248	2 400
11	1 597	232	12 000**
15	2 268	218	
Total a junio de 1987			43 100

* Potencia calculada a 7 Kg/cm^2 de presión absoluta de cabezas.

** Estimado.

4.9.4.8 ¿QUE FALTA POR HACER EN EL PROYECTO GEOTERMICO DE MIRAVALLES?:

Se inició la construcción de la planta geotérmica propiamente dicha en el año 1988, incluyendo la perforación de los restantes pozos necesarios para la unidad de 55 000 KW y la construcción de la Casa de máquinas, subestación elevadora, líneas de transmisión y demás infraestructura requerida y la instalación de la unidad turbogeneradora con todo su equipo auxiliar.

Se estima que esta fase iniciada en 1988 funcionará a fines de 1991 para satisfacer el crecimiento del mercado eléctrico.

Para la financiación de este Proyecto se cuenta con la ayuda del B.I.D. y de Gobiernos amigos (Japón e Italia).

4.9.5 ENERGIA SOLAR:

4.9.5.1 INTRODUCCION:

El sol se convierte día a día en una importante fuente de energía calorífica, especialmente en los países en vías de desarrollo. Estos países no pueden recurrir, en la mayoría de los casos, a fuentes de energía minerales ni a la energía nuclear para cubrir sus propias necesidades, dada la importancia de la red de distribución y consumo que precisan. En cambio, se puede utilizar la energía solar para pequeñas instalaciones (el horno solar, el calentador solar, etc.) y se realizan esfuerzos para hallar mejores métodos de utilización, lo menos costosos y los más eficaces posibles.

Las mayores dificultades residen en la poca potencia por metro cuadrado de superficie soleada que proporciona la radiación solar, en el movimiento diurno del sol y en la nebulosidad.

Incluso en los países muy desarrollados, técnicamente hablando, se estudia la utilización de la energía solar, siempre que sea posible reducir su costo.

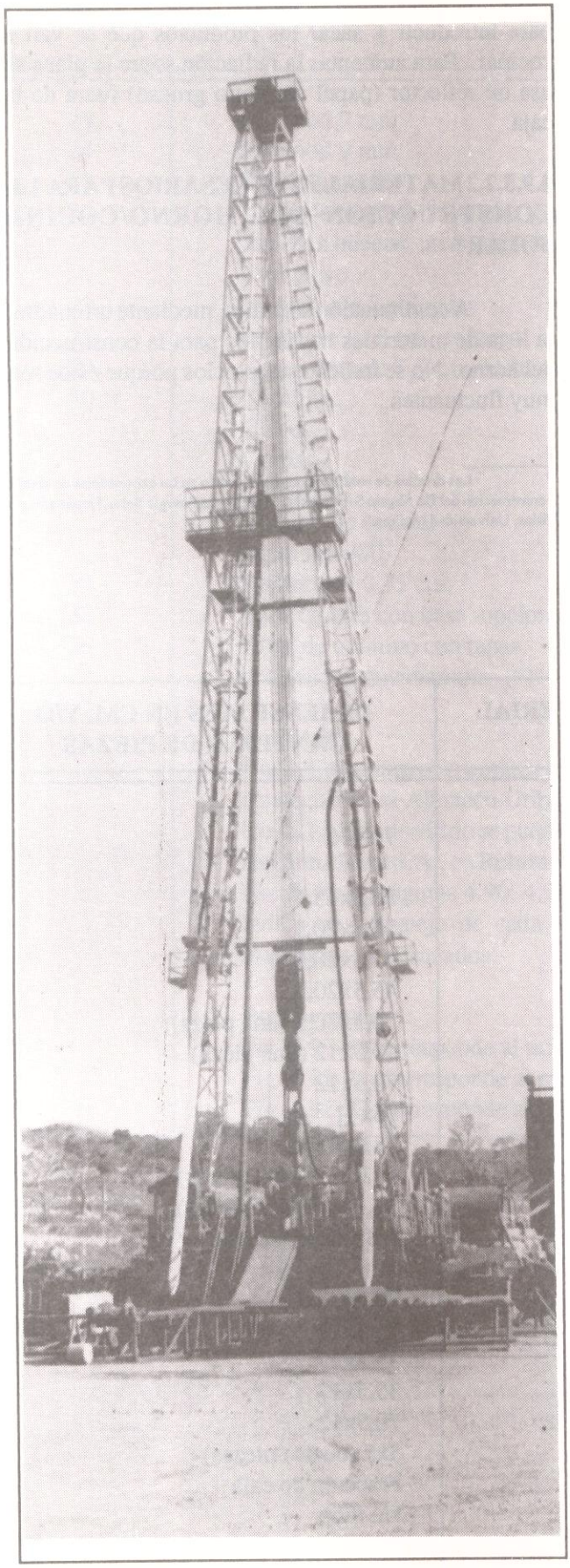


Fig. 4.72 Perforación de pozos.

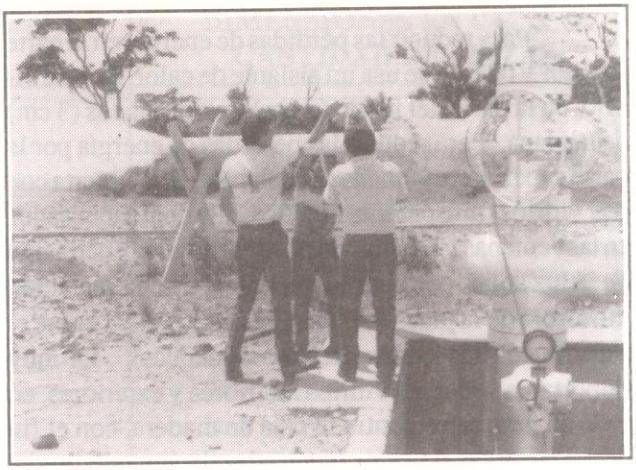


Fig. 4.73 Pozo #5 del Proyecto Miravalles en producción a través de una válvula horizontal.

En tecnología espacial, la energía solar desempeña un papel considerable en lo referente a la alimentación de la energía eléctrica de los satélites.

4.9.5.2 EL HORNO SOLAR (uso):

De la energía eléctrica que se consume en una casa de habitación, un gran porcentaje de ella (aproximadamente el 40%, véase Figs. 4.86 y 4.88) se utiliza en cocinar alimentos.

Considerando que la cantidad consumida en la cocción de alimentos es muy elevada, se han estudiado y desarrollado métodos alternativos, que en un plazo no muy lejano puedan disminuir considerablemente la cantidad de energía eléctrica consumida en este rubro de nuestra vida cotidiana (por ejemplo el horno/cocina solar).

4.9.5.2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL HORNO/COCINA SOLAR:

El horno solar (Fig. 4.75) consiste en una caja de madera con doble vidrio plano en la parte superior, separados por una distancia de 2 cm. Dentro de la caja hay una placa metálica de hierro galvanizado (calibre 26) pintada de negro mate (la pintura tiene que ser del tipo "spray" de secado rápido y resistente a la temperatura, del orden de 200°C a 392°C).

La radiación solar después de ser absorvida por la placa negra, es transformada en energía calorífica, pero se debe tener en cuenta que como el ambiente se encuentra a una temperatura inferior a la de la placa, ésta comienza a perder la radiación, aunque solo en la región del infrarrojo (calor).

Para reducir las pérdidas de energía en la parte inferior y lateral, se usa un aislante de calor, lana de vidrio, en la parte del fondo (5 cm) y en tres lados (3 cm) de la placa. Para reducir las pérdidas de energía por la parte superior, la fachada del colector está cubierta con dos vidrios transparentes (de los comúnmente usados en las ventanas). Dichos vidrios permiten la penetración de la luz solar, pero impiden el escape de la radiación infrarroja de la placa (véanse Figs. 4.30 y 4.31 sobre el espectro de las ondas electromagnéticas). Es muy importante sellar los vidrios interiores y exteriores, en todo su perímetro contra la caja de madera, con el fin de evitar fugas de calor o entradas de agua de lluvia. Para tal fin se ha utilizado pegamento silicón.

Además, toda la lana de vidrio expuesta al calor (incluyendo bajo la lámina metálica), está forrada en papel aluminio a fin de reflejar el calor emitido por la placa dentro de la caja, y así minimizar la pérdida de energía. En la parte del frente, la caja tiene una puerta para introducir y sacar los productos que se van a cocinar. Para aumentar la radiación sobre la placa se usa un reflector (papel aluminio grueso) fuera de la caja.

4.9.5.2.2 MATERIALES NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCION DEL HORNO/COCINA SOLAR*

A continuación se indica, mediante un cuadro, la lista de materiales necesarios para la construcción del horno. No se indican sus precios porque éstos son muy fluctuantes.

* Los detalles de construcción están basado en las experiencias de diseño y construcción del Dr. Shyam S. Nandwani, Sección de Energía Solar, Departamento Física, Universidad Nacional.

No.	DESCRIPCION DEL MATERIAL	DIMENSIONES EN CM. Y/O CANTIDAD DE PIEZAS
1	Lámina de zinc galvanizada lisa calibre 26	70X35
2	Plywood de 9 mm.	80,5x45,5
3	Madera de laurel 3/4 pulgada	76,5x20,5
4	Madera de laurel 3/4 pulgada	45,5x20,5
5	Madera de laurel 3/4 pulgada	45,5x20,5
6	Madera de laurel 3/4 pulgada	76,5x20,5 (una pieza); 70,5x12 (una pieza)
7	Madera de laurel 3/4 pulgada	70,5x12
8	Vidrio transparente de 1/8 pulgada	76x41
9	Vidrio transparente de 1/8 pulgada	78,5x43,5
10	Venilla de 1/2 pulgada	76,5x1,3 (dos piezas)
11	Venilla de 1/2 pulgada	39,1x1,3 (dos piezas)
12	Pintura spray, sprouce, flat black (negro mate).	1/8 galón=473 ml.
13	Lana de vidrio 5 cm. de grueso	70,5x38,5
14	Lana de vidrio 3 cm. de grueso	76,5x17
15	Lana de vidrio 3 cm. de grueso	35,5x17
16	Lana de vidrio 3 cm. de grueso	35,5x17
17	Lana de vidrio 3 cm. de grueso	70,5x12
18	Blocks de madera de 5 cm	5x5 (cuatro piezas)
19	Papel aluminio	Fracción de caja
20	Pegamento silicón	Un tubo
21	Plywood 9 mm	82x46,5
22	Plywood 9 mm	84x3

No.	DESCRIPCION DEL MATERIAL	DIMENSIONES EN CM. Y/O CANTIDAD DE PIEZAS
23	Plywood 9 mm	46,5x3
24	Plywood 9 mm	46,5x3 (con un hueco)
25	Papel aluminio	82x46,5
26	Regla de madera de 9 mm., gruesa, con diez huecos, un cordón de 25 cm. y un clavo	75x3
27	Bisagras de 2 pulgadas	Cuatro piezas
28	Picaporte de 5 cm. de largo	Dos piezas
29	Agarradera de 7,5 cm. de largo	Una pieza
30	Tornillos, Clavos, Grapas, Chinches, Vinagre de cocina, Papel lija #80	
31	Rodines de 3,75 cm.	Cuatro piezas(es opcional)
32	Termómetro con base -opcional-	20-200°C
33	Ollas de alumino con tapas herméticamente cerradas (4)	base de 12-20 y altura de 6-9 cm.
	NOTAS: No. 1. La pintura negra mate (12) se puede conseguir en el Almacén Uribe & Pagés. No. 2. La lana de vidrio se puede conseguir en Clima Ideal S.A., en Rohrmoser, Pavas. No. 3. En las figuras 4.90; 4.91 y 4.92 se indica un bosquejo de cada uno de los materiales mencionados. **Por ejemplo:** Fig. 4.90-3 Corresponde al material 3 Fig. 4.91-21 Corresponde al material 21 Fig. 4.92-27 Corresponde al material 27	

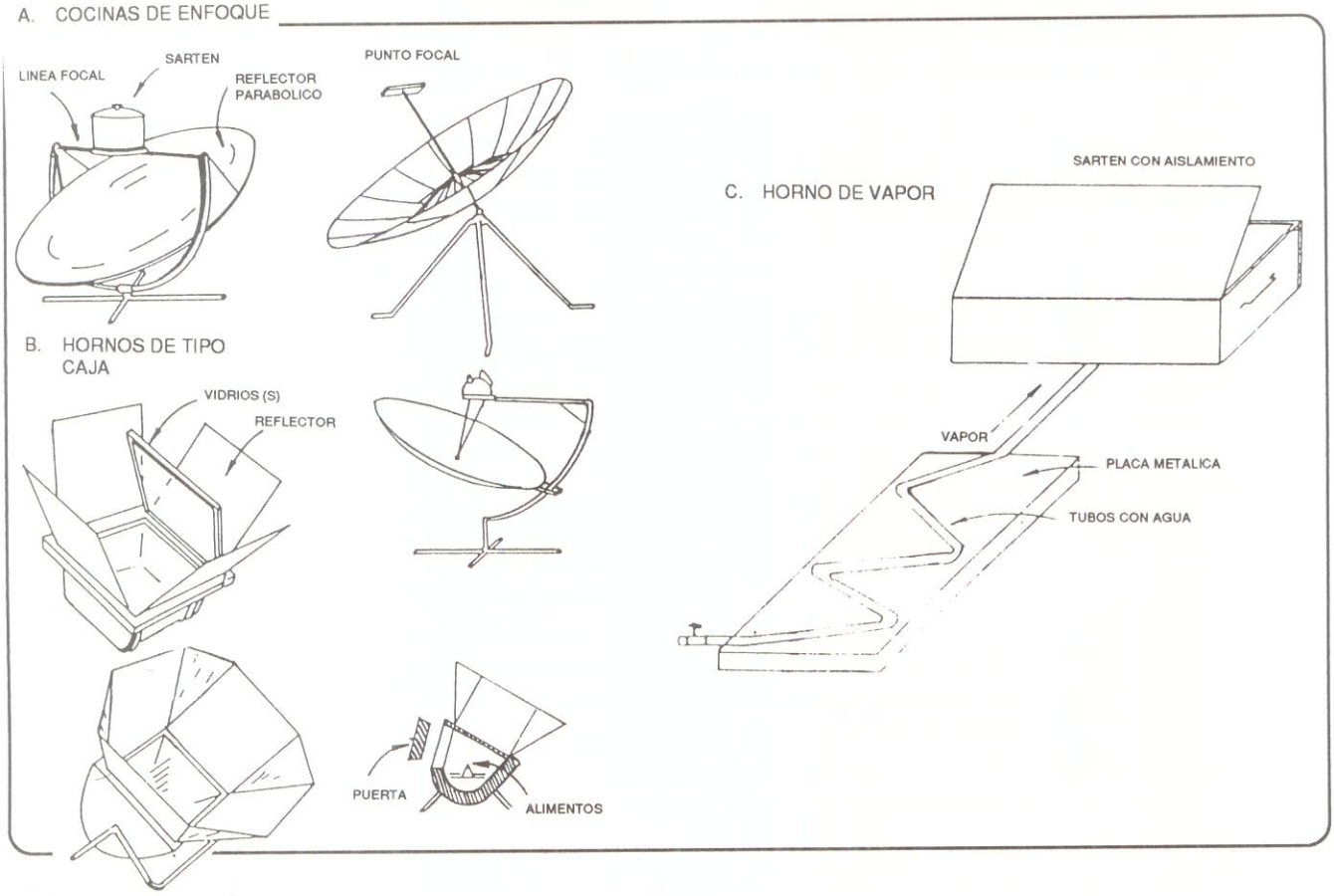


Fig. 4.74 Varios tipos de cocinas/hornos solares.

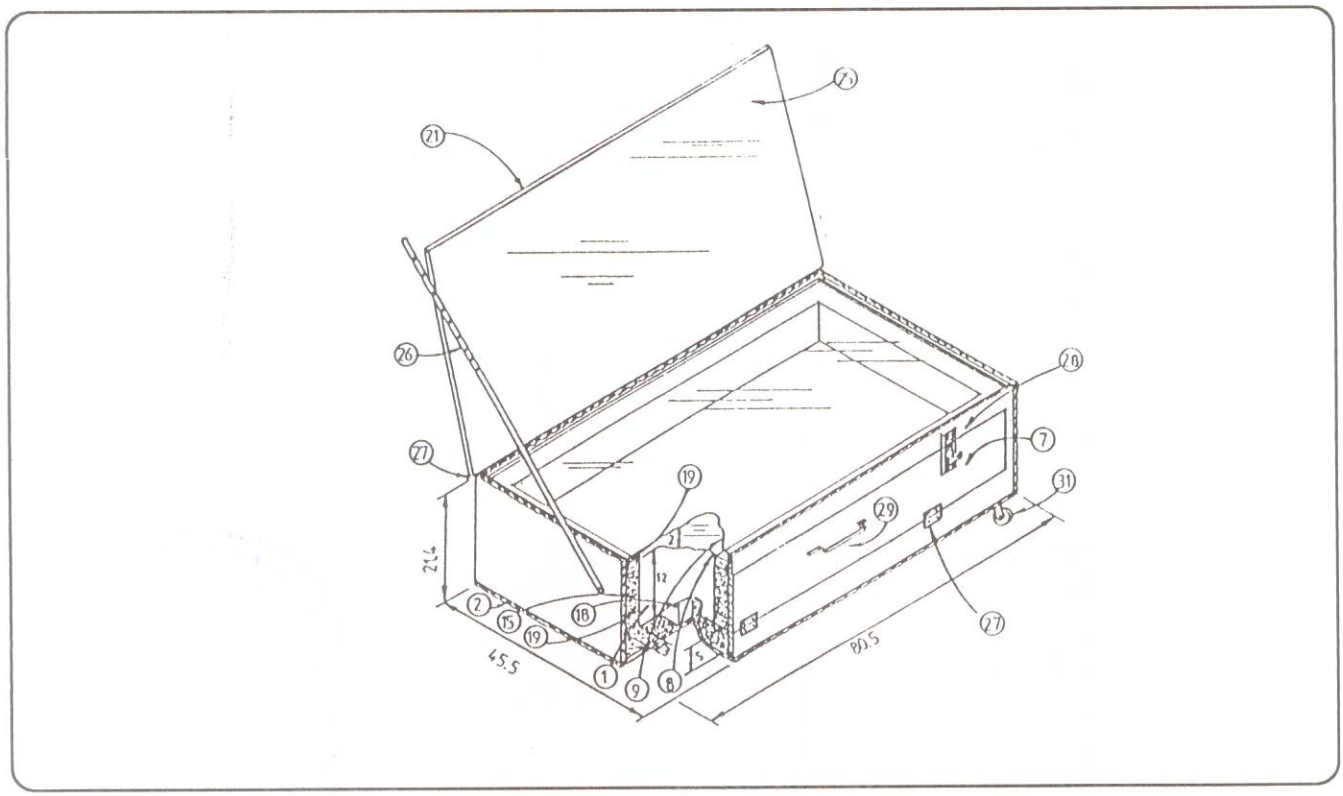


Fig. 4.75 Esquema de un horno solar (dimensiones en cm. escala 1:7,5).

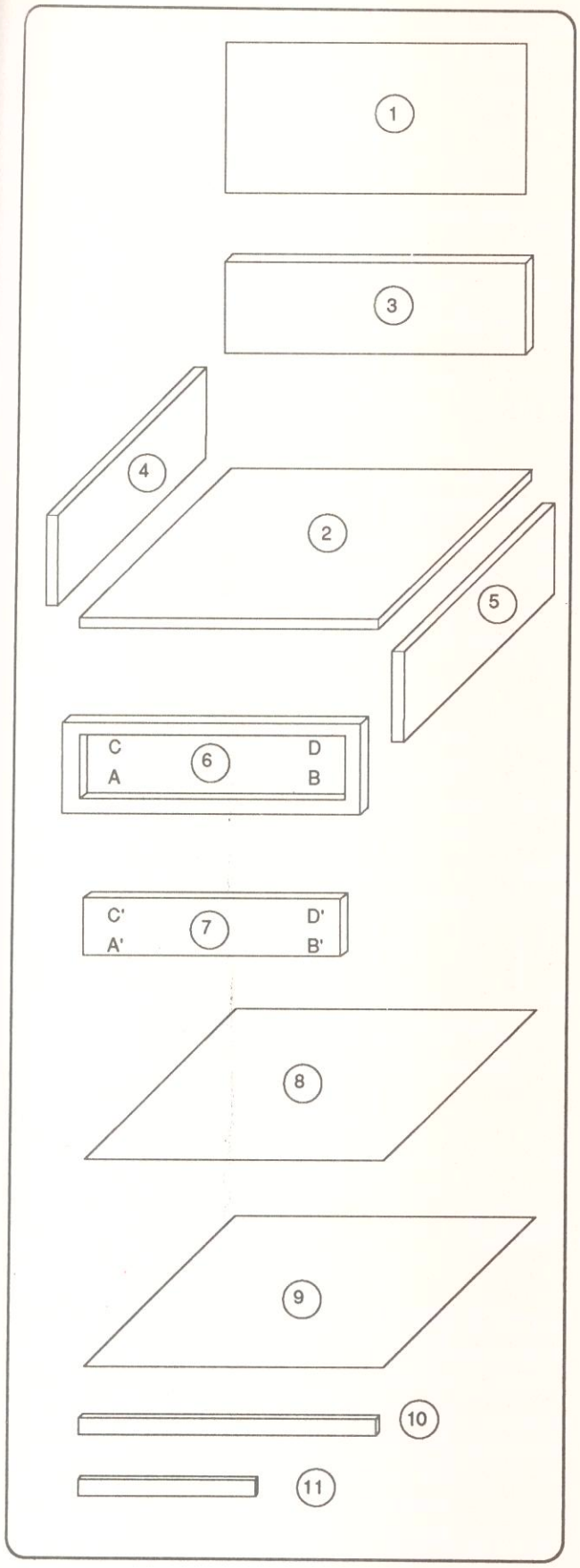


Fig. 4.76 Bosquejo de los materiales necesarios para construir un horno solar (sin escala).

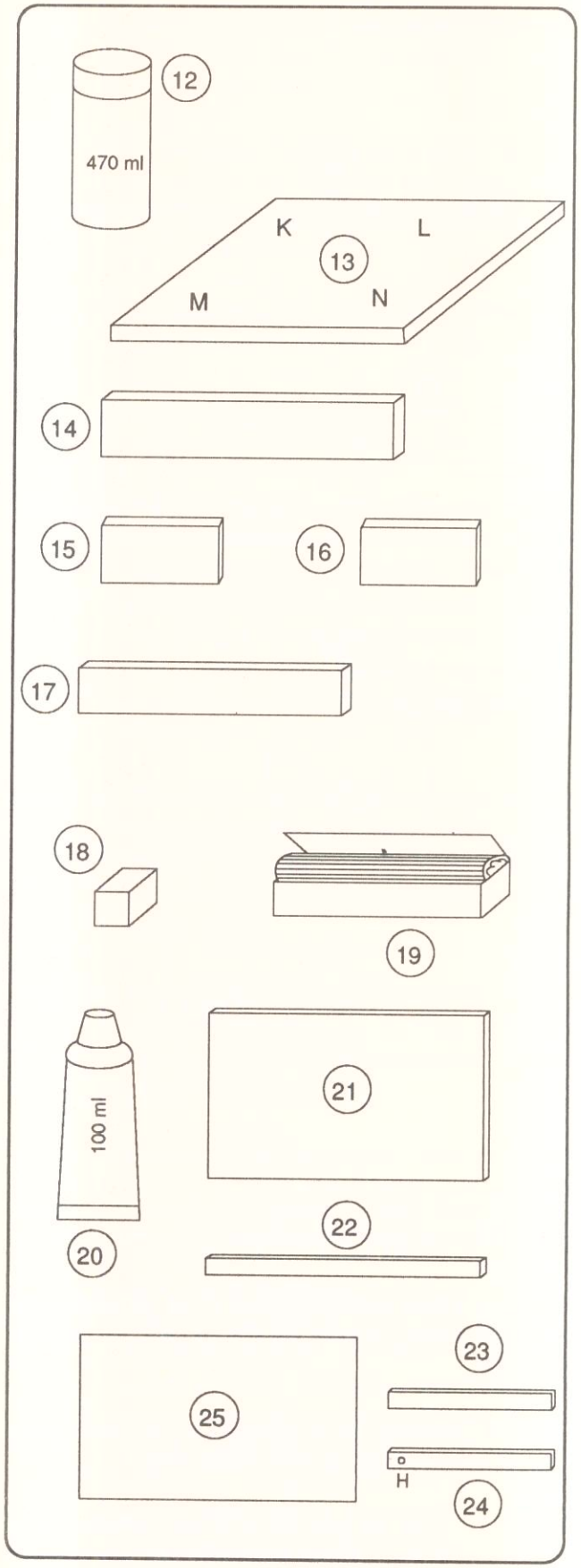


Fig. 4.77 Lista de materiales necesarios para construir un horno solar (sin escala).

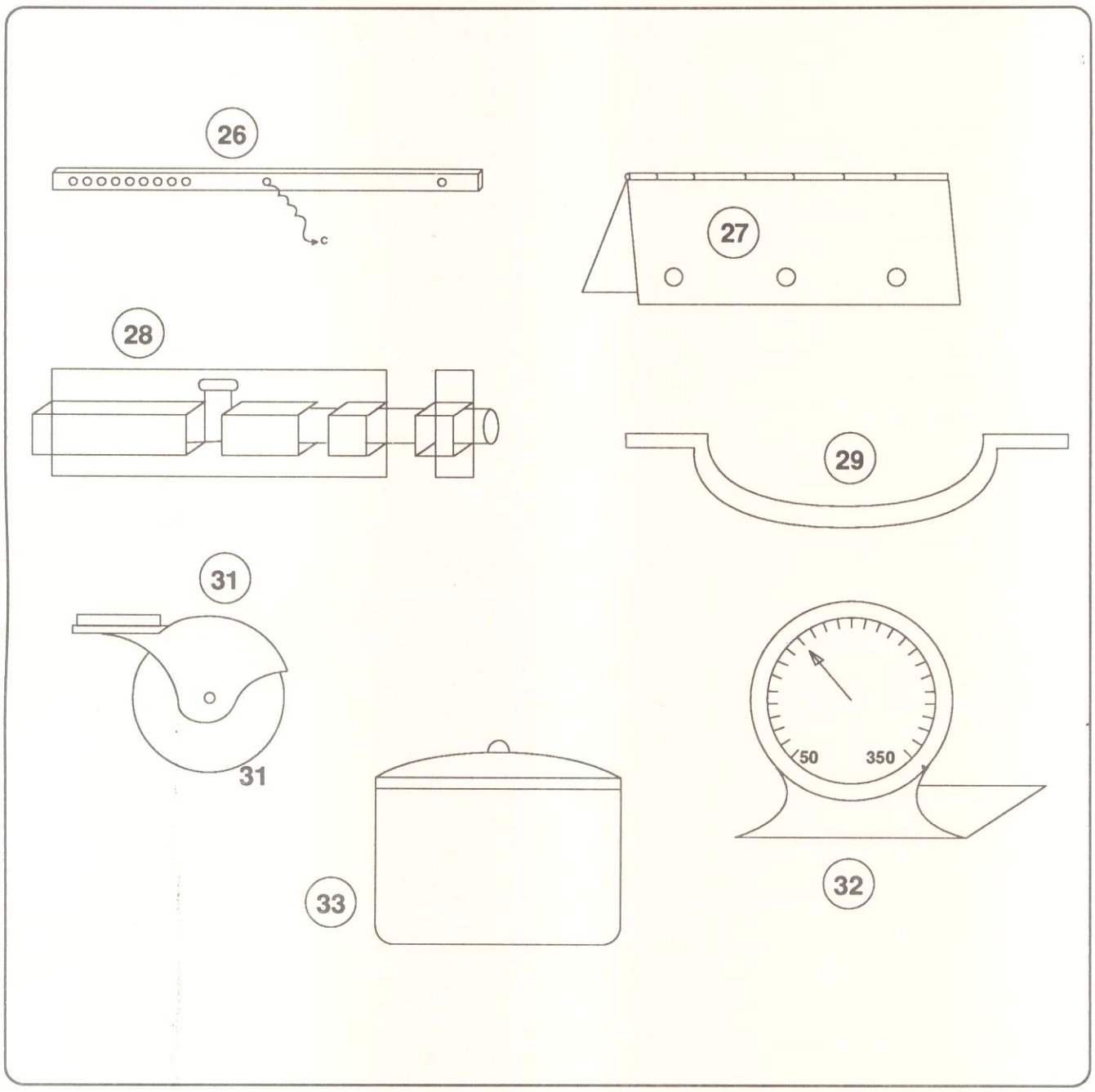


Fig. 4.78 Lista de materiales necesarios para construir un horno solar (sin escala).

4.9.5.2.3 PROCEDIMIENTO POR SEGUIR EN LA CONSTRUCCION DE UN HORNO/COCINA SOLAR

A continuación se indican los pasos necesarios para la construcción de una cocina solar.

PASO 1: Lijar un lado de la lámina metálica (Fig. 4.76-1). Quitar el polvo, limpiar con vinagre de cocina, calentar la lámina en el sol hasta 40-50°C. Luego pintar el mismo lado con pintura en "spray", color negro mate (Fig. 4.77-2), pero una película delgada. Una vez que haya pintado la lámina puede pasarle otra mano de pintura, después de 20-30 minutos de haberle pasado la primera mano. En otras palabras, es más recomendable pintar dos capas delgadas, que una capa gruesa.

PASO 2: Repetir el proceso con las ollas (Fig. 4.78-33) para cocinar, únicamente los lados

laterales de las ollas y parte exterior (expuesta al sol) de la tapa, para el máximo aprovechamiento de la radiación solar. Se utiliza la misma pintura.

PASO 3: Con cinco piezas (Fig. 4.76-1; Fig.4.76-3; Fig.4.76-4; Fig. 4.76-5 y Fig. 4.76.6) formar la base y cuatro lados del horno. Colocar las cuatro piezas de laurel encima del pedazo del "plywood"(Fig. 4.76-2) y no a los lados.

PASO 4: Fijar los cuatro rodines (Fig. 4.78-31) a la parte posterior de la base (Fig. 4.76-2).

PASO 5: Forrar tres piezas de lana de vidrio (Fig. 4.77-14; Fig. 4.77-15 y Fig. 4.77-16) con papel aluminio. Dichas láminas de fibra de vidrio forradas con papel aluminio se pueden fijar con las piezas laterales (Fig. 4.76-3; Fig. 4.76-4; Fig. 4.76-5) de la caja, con grapas o chinches.

PASO 6: Colocar la lana de vidrio (Fig.4.77-13), encima del plywood (Fig. 4.76-2), luego sacar un poco la lana, y colocar cuatro piezas de madera (Fig. 4.77-18) y clavar a la pieza de madera (Fig. 4.76-17) forrada con papel aluminio. Se pueden usar grapas o chinches para fijar.

PASO 7: Tomar la puerta (Fig.4.76-7) y colocar lana de vidrio (Fig. 4.77-17) forrada con papel aluminio. Se pueden usar grapas o chinches para fijar.

PASO 8: Usa dos bisagras (Fig.4.78-27) para fijar la puerta (Fig. 4.76-7) con la pieza correspondiente (Fig. 4.76-6) de la caja (une los puntos AA' y BB').

PASO 9: Fijar los dos picaportes (Fig. 4.78-28) a la puerta (Fig. 4.76-7) ya armada con la pieza correspondiente (Fig. 4.76-6) una CC' y DD'-. Para facilitar la apertura o cerrar la puerta fije la agarradera (Fig. 4.78-29) a la puerta (Fig. 4.76-7).

PASO 10: Clavar las venillas (Figs. 4.76-10 y 4.76-11) a los cuatro lados laterales de las piezas Nos. 3, 4, 5, y 6 (Fig. 4.76-3; Fig. 4.76-4; Fig. 4.76-5 y Fig. 4.76-6 respectivamente) a una distancia de 2,3 cm de la parte superior de estas piezas.

PASO 11: A los lados laterales de la pieza No. 21 (Fig. 4.77-21), clavar las dos reglas (pieza No. 23 izquierda y No 24 derecha, Fig. 4.77-23 y Fig. 4.77-22).

PASO 12: Al lado frontal de la pieza No. 21 clavar la regla (pieza No.22, Fig. 4.77-22).

PASO 13: Fijar la pieza No. 3 (Fig. 4.76-3) de la caja con la pieza No. 21, usando dos bisagras.

PASO14: Póngase un poco de pegamento silicón uniformemente a la parte superior de las venillas (piezas Nos. 10 y 11), a lo largo del perímetro. Ahora colocar el vidrio (pieza No. 8, Fig. 4.76-8) encima de dichas venillas, con el pegamento. Puede presionar suave el vidrio, con el fin de que pegue bien con las venillas.

PASO 15: Siga el proceso anterior, y pegue el otró vidrio (pieza No. 9, Fig. 4.76-9), encima de la caja construida, use pegamento silicón, verificar que el espacio entre los dos vidrios sea de 2 cm.

PASO 16: Pegar el papel reflector (pieza No. 25, Fig. 4.77-25) a la pieza No. 21 (Fig. 4.77-21), use cualquier pegamento excepto silicón o péguelo con grapas.

PASO 17: Finalmente use un tornillo, fije la pieza No. 26 (Fig. 4.78-26) en el punto marcado con "X" con la pieza No. 5 (Fig. 4.76-5) de la caja (unir "X"y "X"). Dicha regla sirve para vaciar el ángulo y fijar el reflector (pieza 21 y 25; Fig. 4.77-21 y Fig. 4.77-25) al ángulo deseado. El clavo de la regla puede pasar de un hueco correspondiente de nueve huecos y meter en el hueco "H" de pieza lateral (No. 24; Fig. 4.77-24) del reflector. Asegurarse de que el reflector puede abrir hastas un máximo de 120 pulgadas, con respecto a la superficie del vidrio.

PASO 18: Si desea, puede colocar el termómetro (pieza No. 32; Fig. 4.78-32) encima de la lámina metálica (pieza No. 1; Fig. 4.76-1) para conocer la temperatura de la placa dentro del horno solar.

PASO 19: Cuando desee cocinar los alimentos, coloque las ollas con los alimentos, encima de la lámina (pieza No. 1) condiméntelos al gusto y espere la radiación solar.

4.9.5.2.4 ASPECTOS IMPORTANTES QUE SE DEBEN TOMAR EN CUENTA AL USAR EL HORNO SOLAR:

a. Para cocinar alimentos se utilizan ollas de aluminio con sus respectivas tapas. Para la máxima absorción de la radiación solar dichas ollas con sus tapas también se pintan con color negro mate.

b. Para hornear los alimentos (hacer pan, queques, etc.) se pueden usar bandejas de aluminio.

c. Una vez que haya construido la cocina, antes de ponerla a funcionar, es recomendable dejar la cocina al sol (con la puerta medio abierta), pero sin ningún alimento dentro durante 3 ó 4 días, para que todos los vapores de la pintura salgan. Estos vapores no son recomendables para la salud.

ch. Al producto que se va a cocinar debe agregársele aceite, condimentos, agua, etc. (si hay necesidad) y se mantienen dentro de las ollas herméticamente cerradas y luego deben colocarse sobre la lámina metálica, dentro de la caja a la hora conveniente.

d. La figura 4.93 muestra la variación del ángulo reflector (2) con un ángulo de incidencia del sol (0) con el fin de que los rayos solares incidan sobre el vidrio del horno.

e. De acuerdo con la intensidad del sol, la temperatura dentro del horno puede alcanzar hasta 100-150°C lo cual es suficiente para cocinar los alimentos lentamente.

f. El horno solar (con área de la lámina metálica de 0,245 m^2) es capaz de cocinar, para una familia de cuatro personas, una comida con 2-3 horas de brillo solar y dos comidas solamente con 4-5 horas.

g. Los alimentos se mantiene calientes hasta 2-3 horas después de que haya tapado el horno con el reflector.

h. Para mantenimiento del horno se debe pintar la lámina metálica (sólo una mano), una vez cada 9-12 meses, para aumentar la absorción de la radiación solar.

i. Como en el horno solar los alimentos se cocinan a baja temperatura, en consecuencia se pierde menos agua; por lo tanto se necesita poca cantidad de agua para cocinar la misma cantidad de alimentos que en una cocina convencional.

j. En el horno solar no es necesario mover los alimentos. En caso de una cocina convencional el movimiento de la comida es indispensable para evitar que se peguen a las ollas.

k. Es recomendable ajustar la cocina (y el reflector) cada hora; sin embargo, si el ama de casa quiere salir del hogar, es importante que la cocina sea movida hacia el oeste, con un ángulo aproximado de 7,5-10 grados, por cada hora de ausencia, con el fin de aprovechar la radiación solar.

l. Se pueden hacer huevos duros, colocándolos directamente en la lámina metálica, en lugar de ponerlos en una olla con agua.

ll. En un día despejado el mejor tiempo para cocinar es entre las 9:00 y 15:00 horas.

m. Conviene abrir la puerta de la cocina lo menos posible, para evitar la fuga de calor.

n. Después de sacar de la cocina las ollas, NO las ponga encima del vidrio, ya que se puede reventar.

ñ. Se debe evitar el uso de utensilios de cobre, para cocinar los alimentos, debido a que algunos condimentos reaccionan químicamente con el cobre, produciendo sustancias nocivas para la salud.

o. Evitar derramar sustancias sobre la lámina metálica.

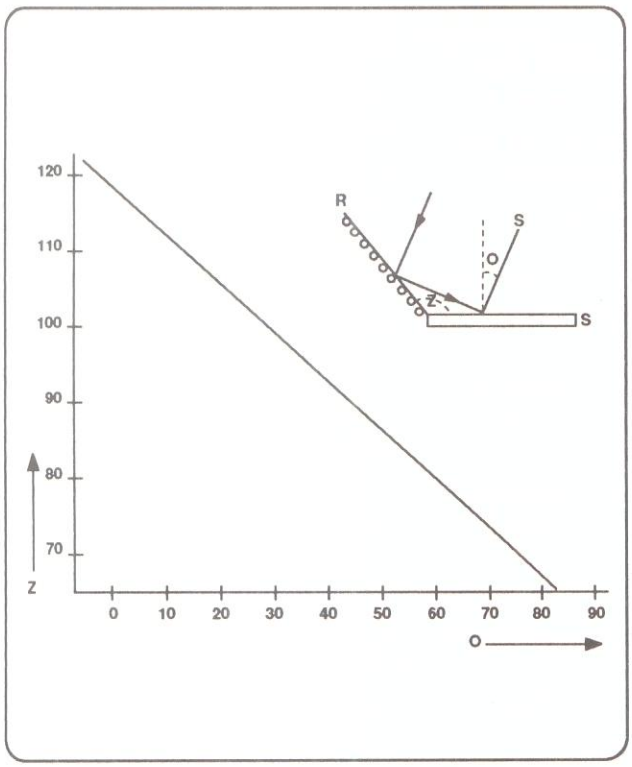


Fig. 4.79 Variación del ángulo del reflector (Z) con el ángulo de incidencia del sol (O).

4.9.5.2.5 VENTAJAS DEL HORNO SOLAR:

a. El aumento de la tarifa eléctrica precio del gas propano, kerosene, leña, etc., no afecta el presupuesto familiar.

b. Es barato, cómodo y puede ser construido fácilmente con materiales disponibles en el mercado local y con tecnología sencilla.

c. Aparte de usarse para cocinar y hornear todo tipo de alimentos, también puede calentar agua para beber, hacer café y para secar frutas.

ch. La comida no se quema, ni se pega al utensilio.

d. No se requieren cuidados especiales, por lo tanto se cocina sin preocupación, se puede ir de compras y regresar para almorzar, sin problemas.

e. Si tapa el horno con el reflector se puede mantener la comida caliente hasta por tres horas, después de cocinada.

f. No hay peligro de fuego, choque eléctrico o explosión de gas, por lo que se puede usar sin temor.

g. Prácticamente no existe costo de mantenimiento.

h. El racionamiento o la suspensión de la electricidad no impedirá su almuerzo.

i. Es tan liviano y cómodo que se puede llevar a la playa y otro lugar de camping.

j. La temperatura de la placa puede variar cualitativamente ajustando el reflector y el horno.

k. No produce humo, ni ceniza, ni contamina la atmósfera.

l. Cocina como una olla de presión y mantiene todos los minerales de cada alimento.

ll. Como necesita menos agua para cocinar, la comida pierde menos vitaminas.

m. Según el Dr. Fred Barret -tecnólogo de alimentos- este tipo de horno puede destruir microbios contaminantes del agua.

n. El Dr. Paul R. Nc Cann de la Universidad de Wisconsin informa que cocinar hirviendo los alimentos, significa perder 25 veces más las sales minerales, que cocinar a fuego mínimo y sin agua. Las sales minerales son de vital importancia para la reconstrucción de los tejidos celulares desgastados por la edad.

En resumen, al cocinar con horno solar se necesita menos agua y grasa, se pierde menos vitaminas, mantiene los minerales, etc. Los doctores lo han recomendado para los pacientes con problemas cardíacos y alta presión.

ñ. Puede reducir la tasa de deforestación, erosión de los suelos e impide la reducción del potencial hidroeléctrico.

o. En lugares remotos, como para exploración, los asentamientos campesinos, etc., donde a veces el costo de transporte del combustible es más alto que el costo del combustible mismo, el uso de la energía solar puede ser una buena alternativa.

p. Durante el período de la estación seca (verano) el potencial hidroeléctrico disminuye (porque el caudal de los ríos disminuye) y en cambio, la radiación solar aumenta considerablemente.

Por lo tanto se puede ahorrar petróleo, el cual se usa normalmente durante este período para plantas termoeléctricas.

4.9.5.2.6 LIMITACIONES DEL HORNO SOLAR:

Es obvio que dicho horno, como cualquier artefacto que usa fuentes convencionales de energía, tiene sus limitaciones:

a. Cocinar los alimentos lleva relativamente más tiempo, por lo tanto no se puede cocinar cuando se necesita comida de urgencia.

b. No se puede freír alimentos.

c. Se crea una frustración cuando aumenta la nubosidad (por mucho tiempo), después de media hora de haber puesto la comida, etc.

d. Se necesita un patio sin árboles o edificios altos, etc., para no crear sombras al horno solar.

Es importante destacar que con el uso del Horno Solar no se pretende eliminar las fuentes convencionales de energía, sino ahorrar esos tipos de energía para un mejor uso.

4.9.6 GRAFICOS ESTADISTICOS SOBRE EL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN COSTA RICA:

La presente sección está dedicada al estudio de varios gráficos referentes al consumo de energía eléctrica en Costa Rica, tanto el profesor como el alumno los analizarán críticamente, compartirán y comentarán las conclusiones que de su estudio obtengan.

Los gráficos que se analizarán son los siguientes:

* Consumo residencial total por principales fuentes de consumo (Fig. 4.80).
* ¿En qué se utiliza la energía eléctrica en Costa Rica? (Fig. 4.81)
* Incremento en la demanda de electricidad en Costa Rica (Fig. 4.82).
* total de inversiones 1990-2000 (Fig. 4.83).
* Total de viviendas ocupadas que tienen artefactos eléctricos (Fig. 4.84).
* Conclusiones importantes (equivalencias energéticas) (Fig. 4.85).
* Grado de electrificación (Fig. 4.86).

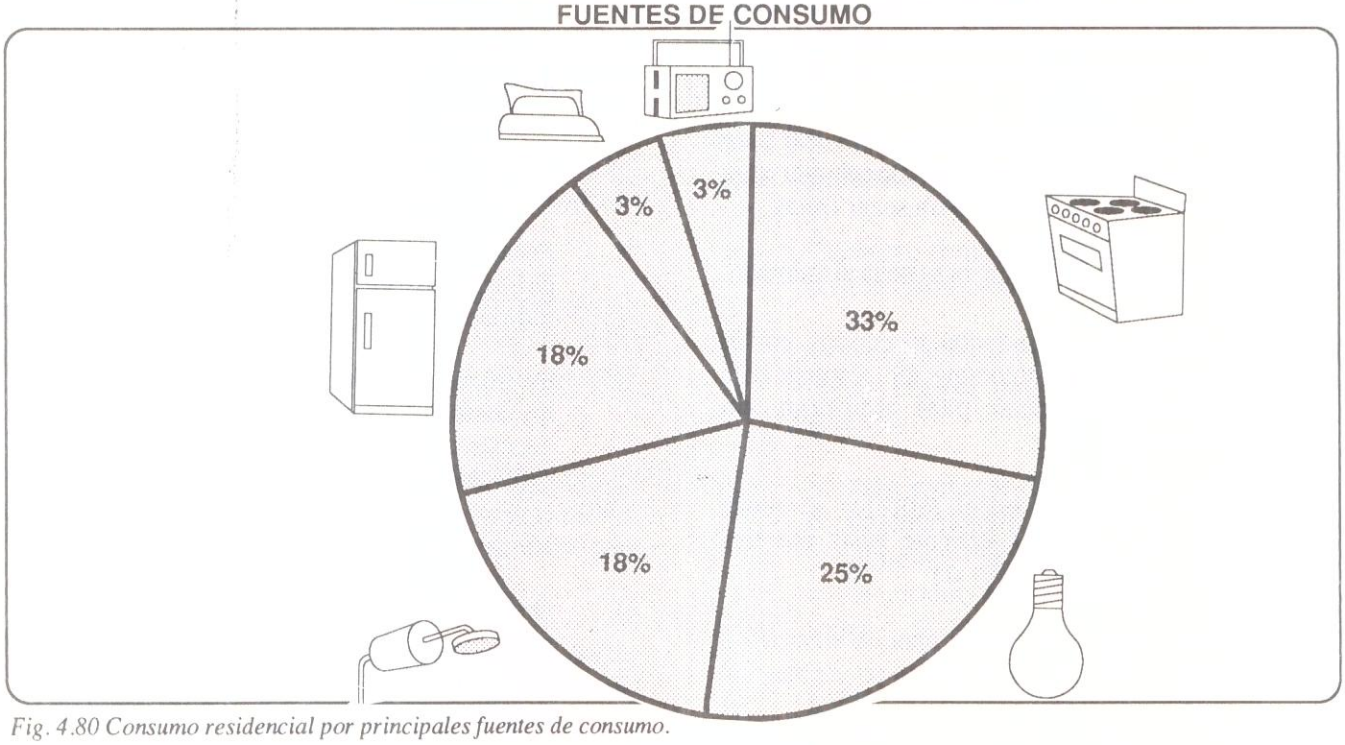


Fig. 4.80 Consumo residencial por principales fuentes de consumo.

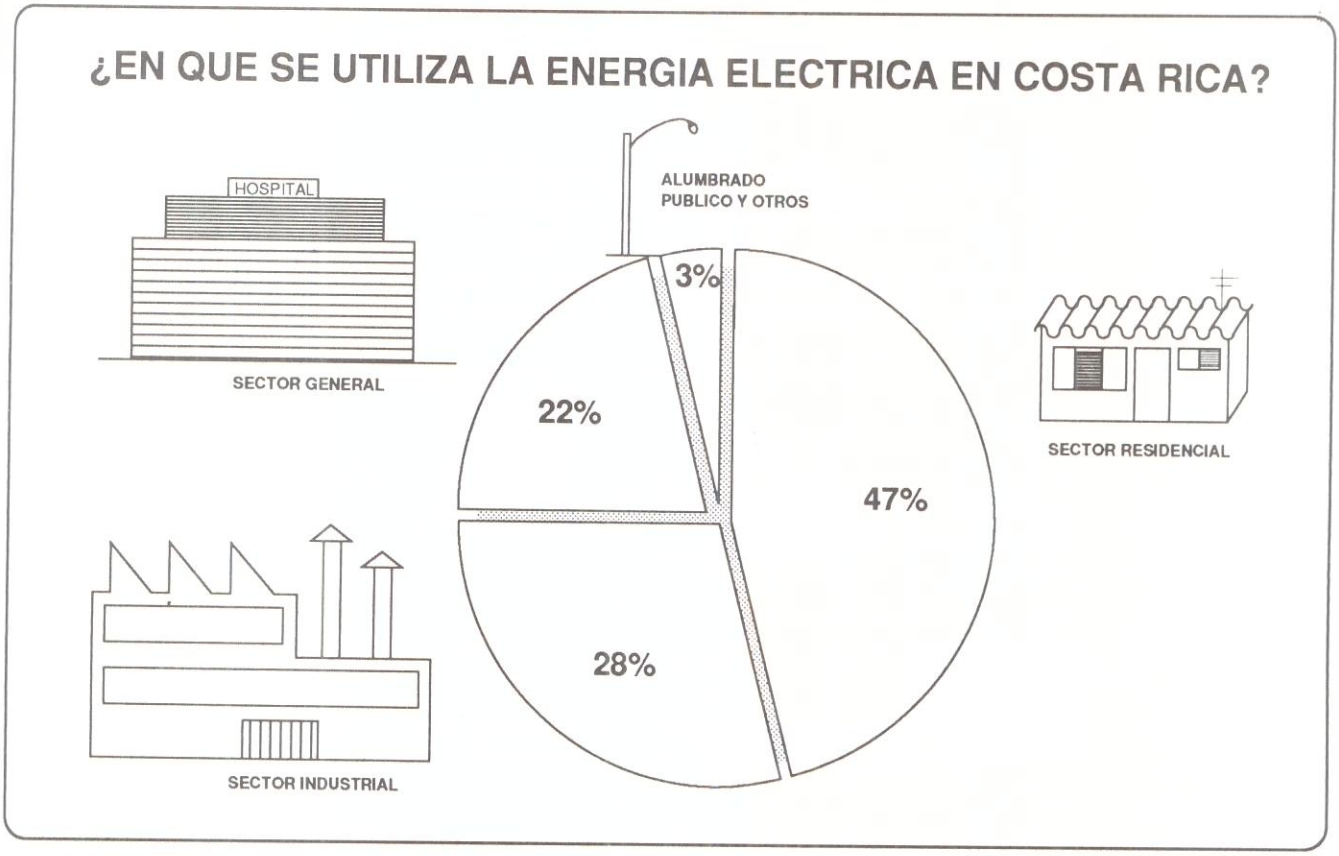


Fig. 4.81 En que se utiliza la energía eléctrica en Costa Rica.

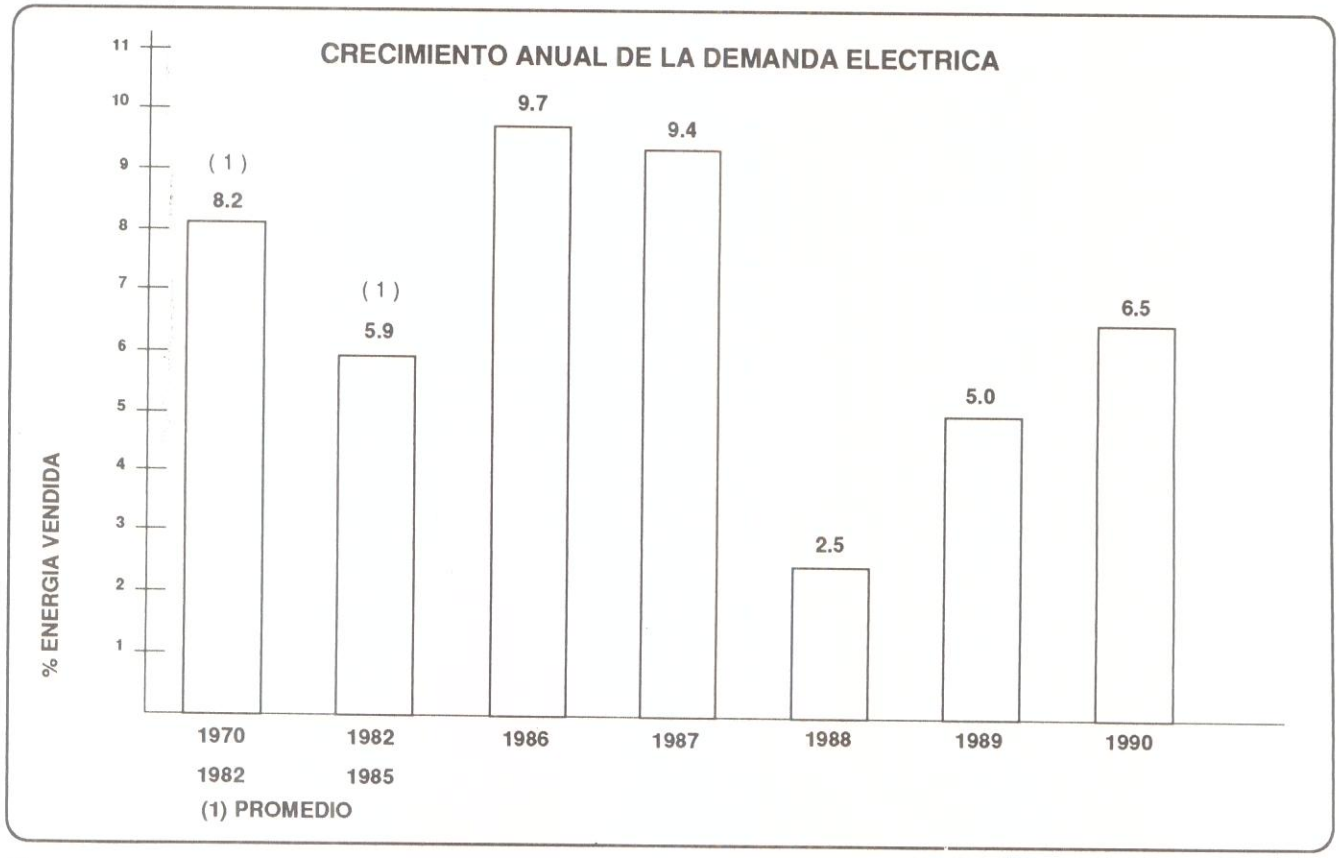


Fig. 4.82 Incremento en la demanda de electricidad en Costa Rica.

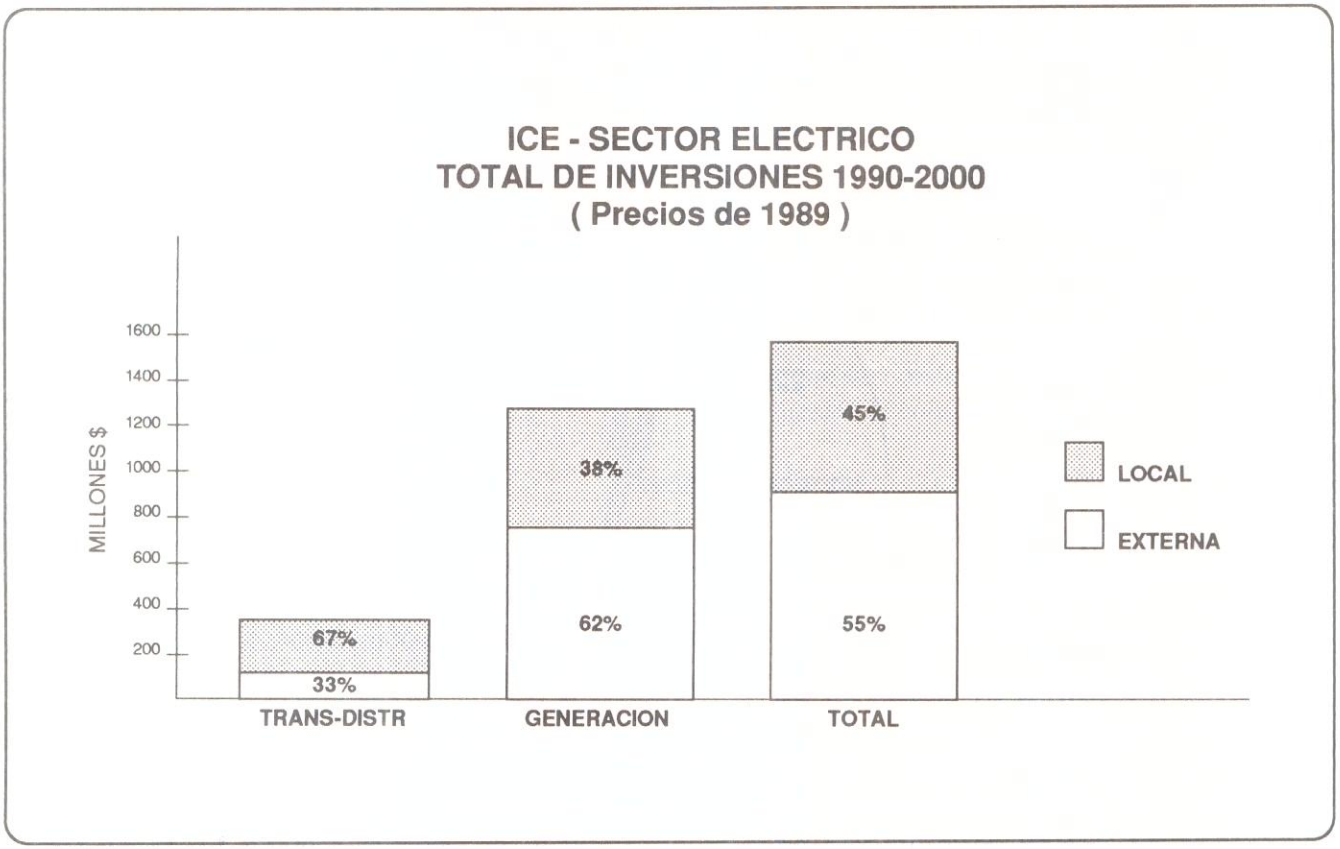


Fig. 4.83 Contribución al consumo residencial por fuente de consumo.

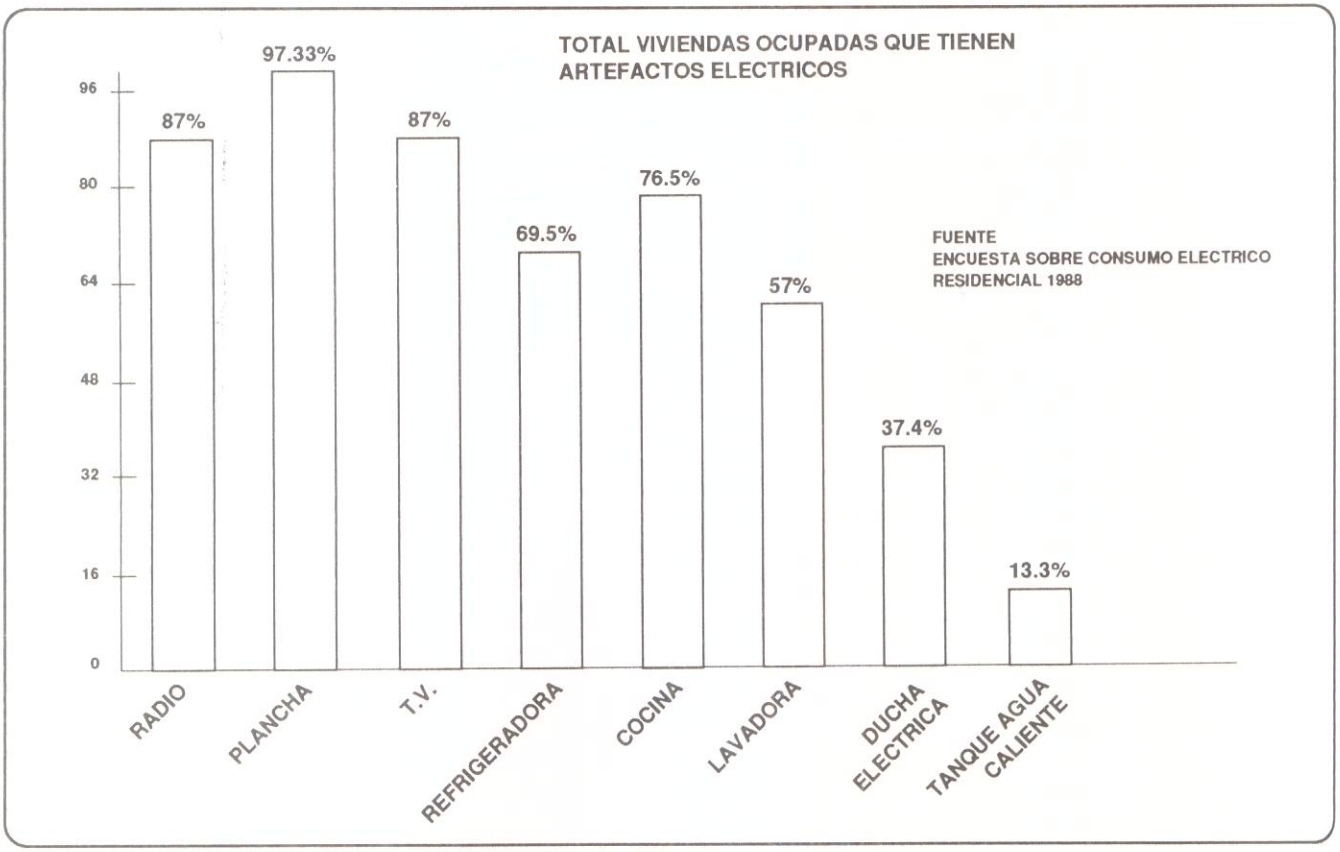


Fig. 4.84 Total de viviendas ocupadas que tienen artefactos eléctricos.

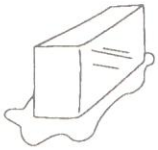
CONCLUCIONES IMPORTANTES:

1 CANDELA

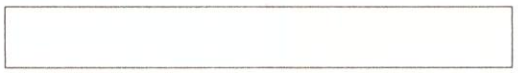
=

- El costo de iluminarse una hora con una candela equivale al consumo de 20 bombillos de 50 W durante una hora.

HIELO



=



2 SEMANAS

- El costo de una marqueta de hielo equivale al consumo eléctrico de una refrigeradora durante dos semanas.

=

1 SEMANA

- El costo de un saco de carbón equivale al costo de cocinar con electricidad una familia durante una semana.

Fig. 4.85 Conclusiones importantes.

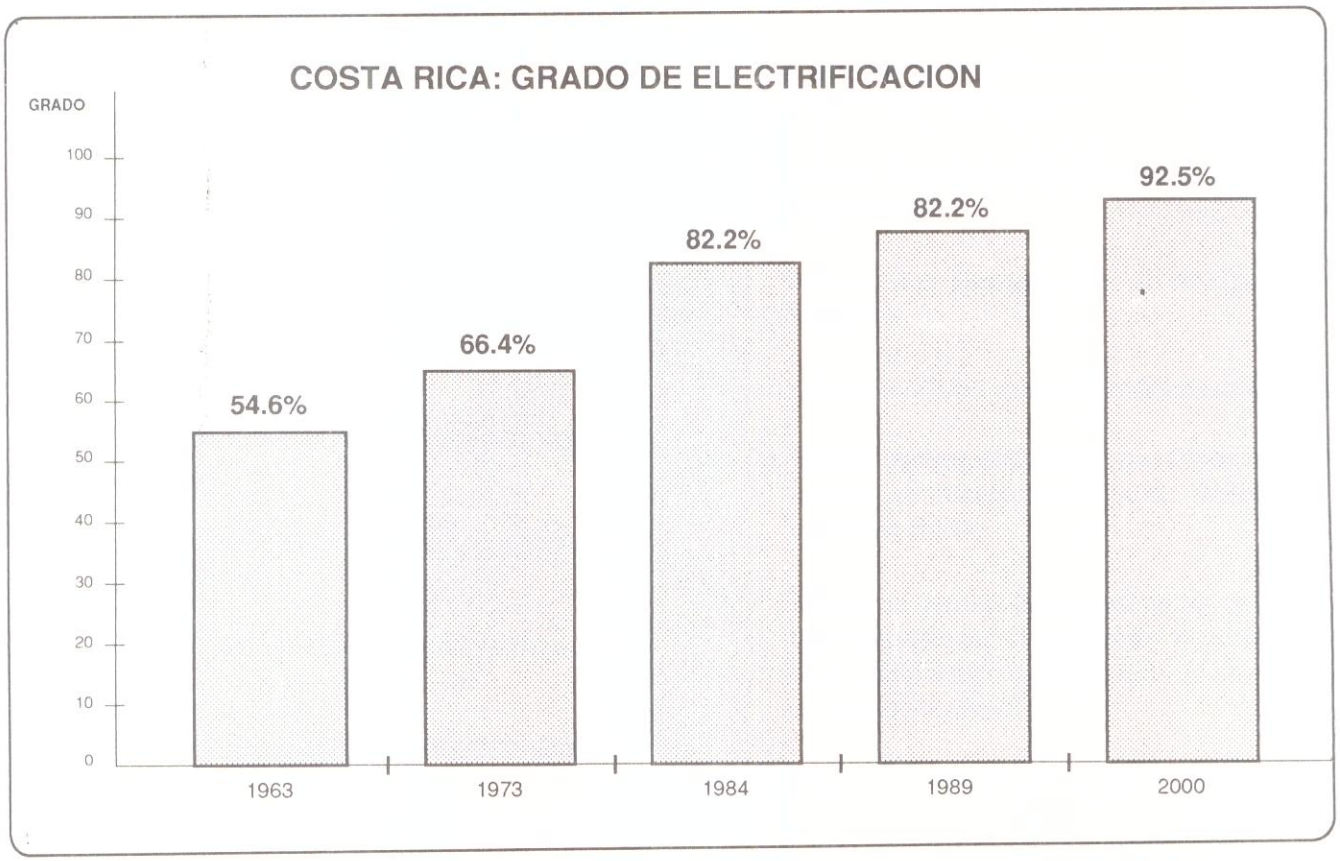
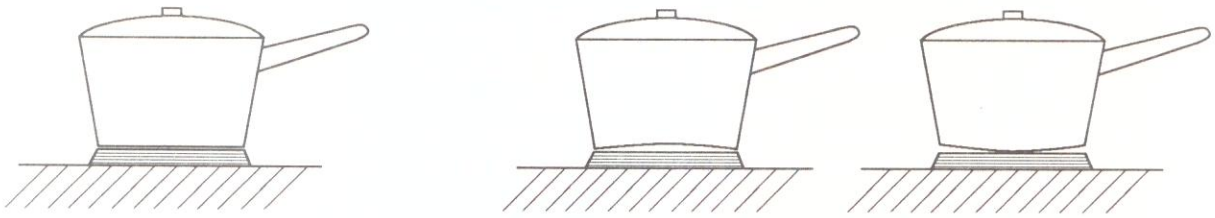


Fig. 4.86 Grado de electrificación.

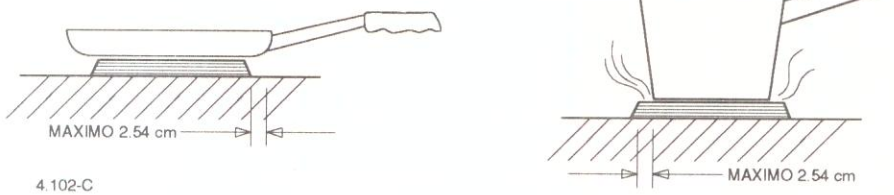


4.102-A

EL FONDO DE LA OLLA DEBE SER PLANO PARA QUE HAGA FIRME CONTACTO CON EL DISCO

4.102-B

LOS FONDOS DEFORMADOS DE LAS OLLAS PROPICIAN ESPACIOS AISLANTES DE CALOR DEBIDO AL AIRE ENTRE LA OLLA Y EL DISCO. ESTO PROVOCA MAS GASTO DE ELECTRICIDAD



4.102-C

LA DIFERENCIA ENTRE EL DIAMETRO DE LAS OLLAS Y DISCOS DEBE SER COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA

Fig. 4.87 Formas de utilización de ollas respecto a los calentadores.

4.10 PREGUNTAS PROPUESTAS:

1. ¿Cómo se define la energía?
2. ¿Cómo se define el trabajo?
3. ¿Qué es la energía cinética? Indique ejemplos.
4. ¿Qué es la energía potencial? Indique ejemplos.
5. ¿Cuál es y defina la unidad de medida de la energía?
6. Indique tres ejemplos de energía mécanica.
7. Indique tres ejemplos de energía sonora.
8. Indique tres ejemplos de energía calórica
9. Indique un ejemplo de energía luminosa.
10. ¿Cuál es la forma más antigua de energía eléctrica conocida por el hombre?
11. Indique dos ejemplos de energía química.
12. Indique dos ejemplos de generación de energía eléctrica por fricción.
13. Indique un ejemplo de electricidad generada por el movimiento de un imán.
14. ¿Qué es un cristal piezoeléctrico?
15. ¿Quién fue Alessandro Volta?
16. ¿Qué son pilas primarias? Clasifíquelas.
17. ¿Cuáles son los tamaños más comunes de las pilas secas?
18. Describa brevemente, el funcionamiento de una pila voltáica.
19. ¿Qué es una pila secundaria? Indique un ejemplo.
20. ¿Qué es una pila de combustible? Explique.
21. Indique cinco ejemplos de energía radiante.
22. ¿Qué es longitud de onda?
23. ¿A qué se llama amplitud de onda?
24. ¿A qué se llama frecuencia de onda?
25. Hacer un diagrama, en el cual se indique: la longitud de onda, la amplitud y la frecuencia.
26. ¿Qué es el espectro electromagnético?
27. ¿Qué es un termopar?
28. ¿Qué es y cómo funciona una pila solar?
29. Indique cinco usos que tiene las pilas solares.
30. ¿Cómo funciona la pila Leclanché?
31. ¿Por qué se considera que la pila alcalina es más eficiente que la pila Leclanché?
32. ¿Quién fue el inventor de la pila de mercurio?
33. Indique tres ventajas que tiene la pila de mercurio sobre la pila Leclanché.
34. ¿Qué sustancias químicas forman los electrodos de una pila de mercurio?
35. Indique los componentes de una pila alcalina tamaño "D".
36. Indique los componentes de una pila de mercurio.
37. ¿Cómo funciona una celda de plomo en ácido?
38. Indique cuatro precauciones que deben tenerse cuando se trabaja o manipulan baterías de plomo en ácido.
39. Indique el nombre de las sustancias químicas que constituyen el electrodo negativo, el electrodo positivo y el electrodo de una celda de níquel y cadmio.
40. ¿Qué es una Planta Hidroeléctrica?
41. ¿Cuáles son las partes constitutivas de un complejo hidroeléctrico?

42. Dibuje un esquema e indique las partes que constituyen una Planta Hidroeléctrica.

43. ¿Qué función cumple la Fuente de Abastecimiento dentro del complejo hidroeléctrico y qué partes la constituyen?

44. ¿Qué son las Obras de Conducción dentro de un complejo hidroeléctrico?

45. ¿Qué función cumple la Casa de Máquinas dentro del complejo hidroeléctrico y qué partes la constituyen?

46. ¿Qué función cumple la subestación dentro del complejo hidroeléctrico y qué partes la constituyen?

47. Dibuje un esquema del servicio eléctrico desde el generador de la Planta Hidroeléctrica, hasta nuestros hogares?

48. Indique el nombre, la capacidad, la cantidad de generadores de las Plantas Hidroeléctricas y Termoeléctricas del Sistema Nacional Interconectado del Instituto Costarricense de Electricidad (a febrero de 1988).

49. Indique el nombre, la capacidad instalada (en kilowatts), la cantidad de generadores de las Plantas Hidroeléctricas del Sistema Nacional Interconectado de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A. (a febrero de 1988).

50. Indique el nombre, la capacidad instalada, la cantidad de generadores de las Plantas Hidroeléctricas del Sistema Nacional Interconectado de la Junta Administrativa de Servicios Eléctricos de Cartago (a febrero de 1988).

51. Indique el nombre, la capacidad instalada, la cantidad de generadores de las Plantas Hidroeléctricas del Sistema Nacional Interconectado de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (a febrero de 1988).

52. Indique el nombre, la capacidad instalada, la cantidad de generadores de las Plantas Hidroeléctricas del Sistema Nacional Interconectado de la Empresa Eléctrica Matamoros S.A. (a febrero de 1988).

53. ¿En cuál año inició el ICE los estudios del Proyecto Geotérmico de Miravalles?

54. De acuerdo con los estudios del ICE ¿Cuál es la zona más apta de nuestro país, para la obtención de energía geotérmica? Ubique la zona en un mapa de Costa Rica, dibújelo usted mismo.

55. ¿Qué es la energía geotérmica?

56. Dibuje el esquema de un reservorio geotérmico.

57. ¿Cómo se utiliza la energía geotérmica?

58. Dibujar un esquema sobre la utilización del fluido geotérmico para la producción de energía eléctrica.

59. ¿Desde cuándo se utiliza la energía geotermoeléctrica en el mundo?

60. Indique la capacidad geotérmica (en KW) instalada en el mundo.

61. ¿Por qué conviene utilizar energía geotérmica en Costa Rica?

62. ¿Cuál es el posible costo de la energía geotérmica en nuestro país?

63. ¿Qué resultados se han obtenido con la perforación de pozos profundos en Miravalles?

64. Explique el principio de funcionamiento del horno/cocina solar.

65. Mencione tres tipos de horno/cocina solar.

66. Indique el rango de temperatura, en grados centígrados, que se produce en el horno solar.

67. Mencione y explique seis ventajas al usar el horno solar.

68. Mencione y explique tres desventajas al usar el horno solar.

69. De acuerdo con la Fig. 4.94 indique:

a. Tres artículos eléctricos que consuman 83% de energía eléctrica.

70.

71.

72.

b. ¿Cuál es el artículo que consume menos energía eléctrica?

70. Analice la Fig. 4.81.

71. Analice la Fig. 4.82.

72. Analice la Fig. 4.83 (comparada con la Fig. 4.80).

73. Analice la Fig. 4.84.

74. Analice la Fig. 4.85.

75. Analice la Fig. 4.86.

76. Analice la Fig. 4.87.

UNIDAD V

MAGNITUDES ELECTRICAS

En esta unidad estudiaremos las magnitudes eléctricas más comunes y su forma de medición. Analizaremos la fuerza electromotriz, la corriente de electrones y la resistencia en circuitos eléctricos.

5.1 INTRODUCCION:

Cualquier clase de energía, para que resulte útil, debe **ser controlada**. No toda clase de energía es controlable fácilmente, **pero sí lo es una corriente eléctrica.** Por eso es una forma de energía tan ampliamente utilizada.

El hombre no sólo ha aprendido a controlarla, sino también a **medirla**.

Las magnitudes eléctricas que estudiaremos en esta unidad son: **la fuerza electromotriz, corriente de electrones y la resistencia eléctrica.**

5.2 FUERZA ELECTROMOTRIZ:

5.2.1 ELECTRONES Y PROTONES PORTADORES DE CARGA ELECTRICA :

Si un objeto tiene más electrones de los normales, se dice que tiene **carga eléctrica negativa**. Este hecho ha sido establecido experimentalmente y lleva a dos conclusiones: cada electrón tiene carga negativa permanente, y la lleva con él donde quiera que vaya.

La carga negativa de los electrones en un cuerpo neutro, es balanceada por una carga positiva en ese cuerpo.

Estas conclusiones han sido probadas experimentalmente por físicos eminentes como **Ernest Rutherford** (1871-1937), físico británico, nacido en Nueva Zelandia, formuló la hipótesis de que el átomo no era indivisible, que constaba de un núcleo y que estaba rodeado de electrones animados de un movimiento orbital. Desintegró el núcleo de nitrógeno, mediante partículas alfa derivadas del radio y estudió las transformaciones radiactivas. Mereció el Premio Nobel de Química en 1908 y **Niels Bohr** (1885-1962). Físico danés que obtuvo el Premio Nobel en 1922 y que se cuenta entre los físicos más eminentes del Siglo XX. Contribuyó decisivamente durante muchos años al desarrollo de la física atómica, especialmente al de la llamada Teoría de los Cuantos.

El núcleo de cualquier átomo contiene partículas muy pequeñas llamadas **protones** (Fig. 5.1, 5.2 y 5.3). Cada protón tiene una carga positiva permanente (los protones no tienen libertad para moverse; no pueden abandonar el núcleo del átomo).

En un ión positivo, el total de carga positiva de los protones en el núcleo, es mayor que la carga total

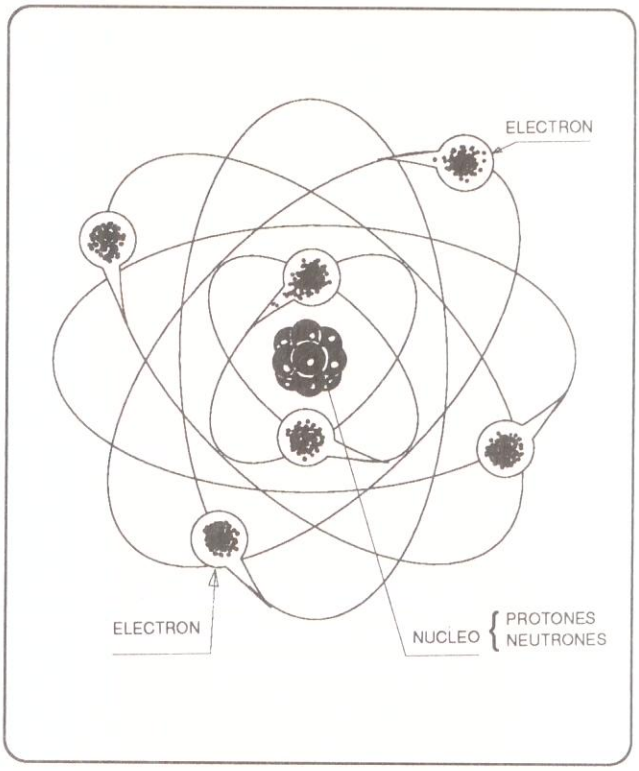


Fig. 5.1 Representación de un átomo de carbono.

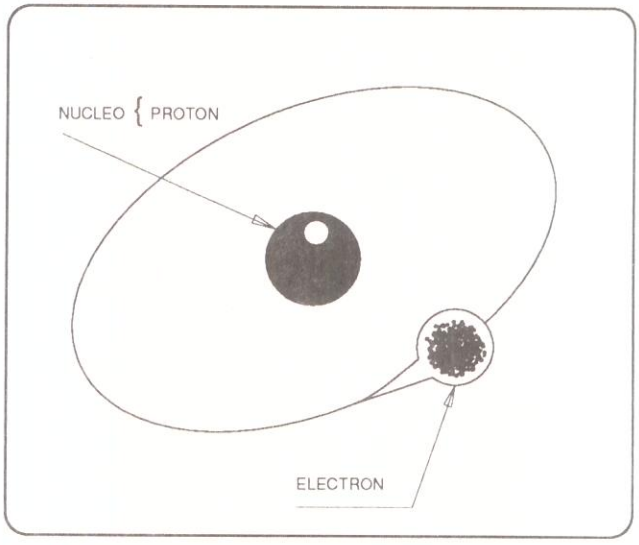


Fig. 5.2 Representación de un átomo de hidrógeno.

negativa de la nube de electrones, hace que el ión atraiga electrones. En un ión negativo, la carga negativa total de la nube de electrones, es mayor que la carga positiva de los núcleos, y como resultado el ión repele los electrones. La energía o trabajo que una fuente puede comunicar a una unidad de carga eléctrica se llama fuerza electromotriz, diferencia de potencial, "tensión" o comúnmente voltaje, cuando esa acción se mide en voltios.

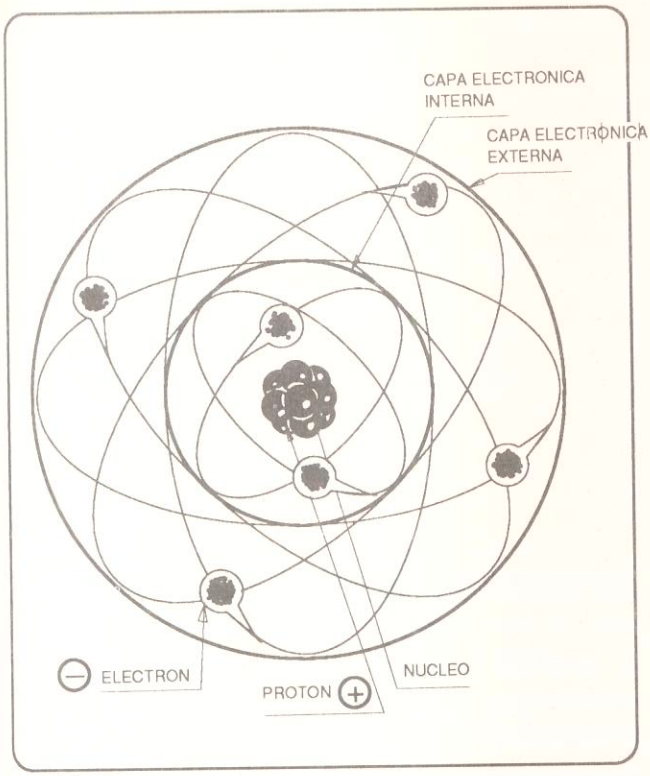


Fig. 5.3 Atomo de carbono: seis protones y seis neutrones (núcleo). Dos capas electrónicas con un total de seis electrones (este modelo de átomo corresponde al de Bohr: Niels Bohr establece, en 1913, que los electrones están situados en órbitas espaciadas que dan vueltas a altas velocidades alrededor del núcleo, parece así el átomo un diminuto "Sistema Planetario").

5.2.2 CARGA Y FUERZA ELECTROMOTRIZ:

Entenderemos por carga negativa de un cuerpo u objeto **la característica eléctrica de poseer más electrones que protones**, y por carga positiva **la característica eléctrica de poseer más protones que electrones.** Los científicos han designado al **CULOMBIO** como **UNIDAD DE CARGA**, en honor a Charles A. Coulomb (1736 - 1806), físico e ingeniero militar francés que se dio a conocer, por su invensión de la balanza de torsión, y especialmente por su descubrimiento de la Ley según la cual la fuerza de atracción o de repulsión eléctrica es directamente proporcional al producto de las cargas eléctrica e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

Podemos definir 1 CULOMBIO como: **la cantidad de carga originada por un exceso o deficiencia de 6,25 x 10^{18} electrones.**

Ahora investigaremos la relación que existe entre la cantidad de carga y la f.e.m. resultante que actúa en los electrones desplazados. Para hacerlo, efectuaremos un experimento imaginario, En él comparamos las condiciones de los cuerpos electrificados, con las condiciones de un sistema mecánico.

Comencemos el experimento observando las condiciones en los cuerpos sin carga (Fig. 5.4) y los resortes libres de tensión (Fig. 5.5). Las esferas no se pueden mover. Sólo pueden moverse los electrones de una esfera a otra. Los resortes están firmemente sujetos al soporte. La masa **"M"** puede moverse al estirar un resorte y comprimir el otro .

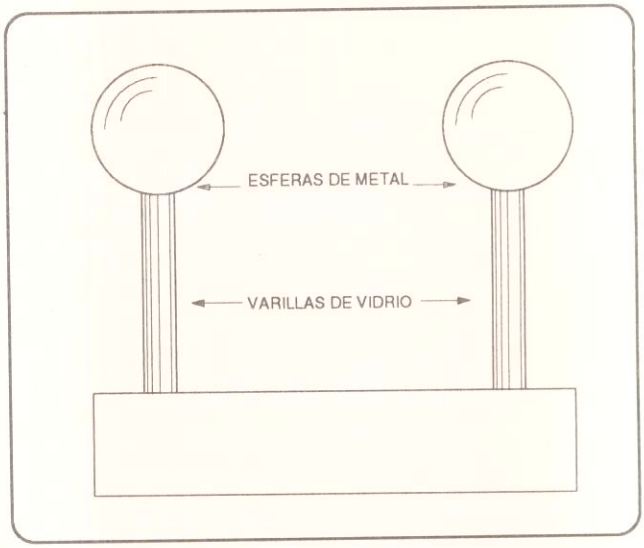


Fig. 5.4 Sistema eléctrico.

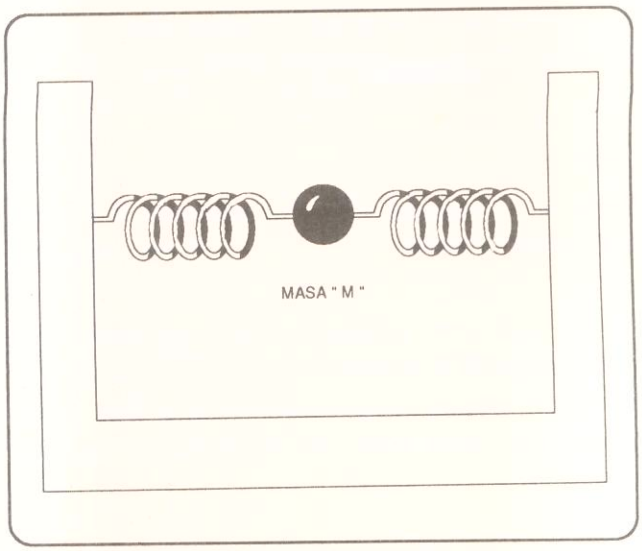


Fig. 5.5 Sistema mecánico.

Si queremos transportar electrones de una esfera a otra (o mover la masa **"M"**), debemos **hacer trabajo**. Carguemos las esferas quitando electrones de la esfera izquierda y obligándolos a introducirse en la esfera de la derecha, contra la fuerza atrayente de la esfera y la fuerza repelente de la otra esfera (Fig. 5.6). El sistema mecánico se carga moviendo la masa **"M"** de izquierda a derecha contra la fuerza de atracción del resorte estirado y la fuerza de repulsión del resorte comprimido (Fig. 5.7). Las cargas de la esfera originan esta **fuerza electromotriz**.

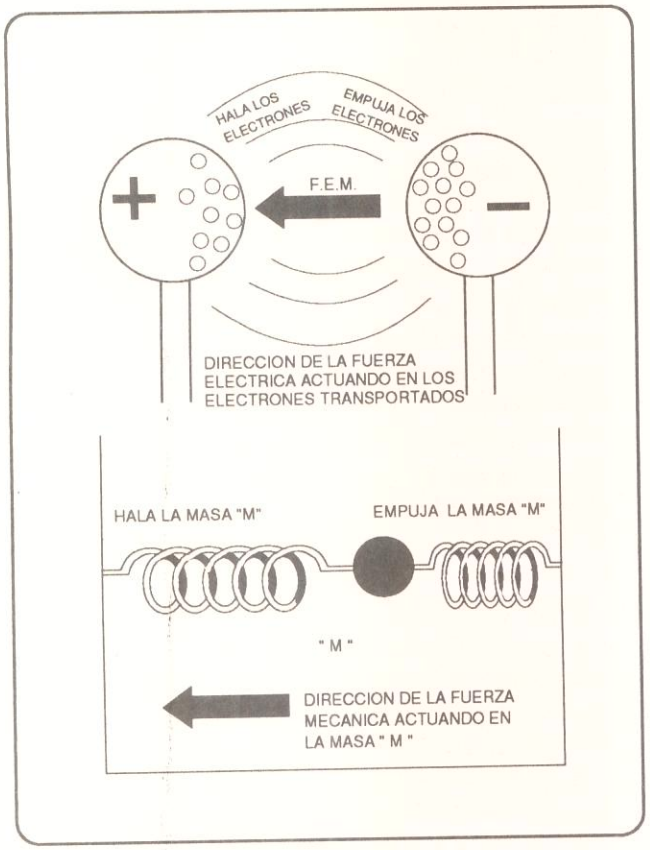


Fig. 5.6 Esferas cargadas. *"Resortes cargados"*

Esta f.e.m. tiende a mover los electrones de la esfera negativa a la positiva (Fig. 5.6). La tensión en el resorte origina una fuerza mecánica. Esta fuerza tiende a mover la masa "M" de derecha a izquierda (Fig.5.6).

Existen líneas invisibles de fuerza eléctrica entre las dos esferas cargadas. Esas líneas harán que los electrones que estén **libres** viajen de la esfera negativa a la positiva (Fig. 5.7). La **magnitud** de la f.e.m. que actúa entre las esferas cargadas, depende de

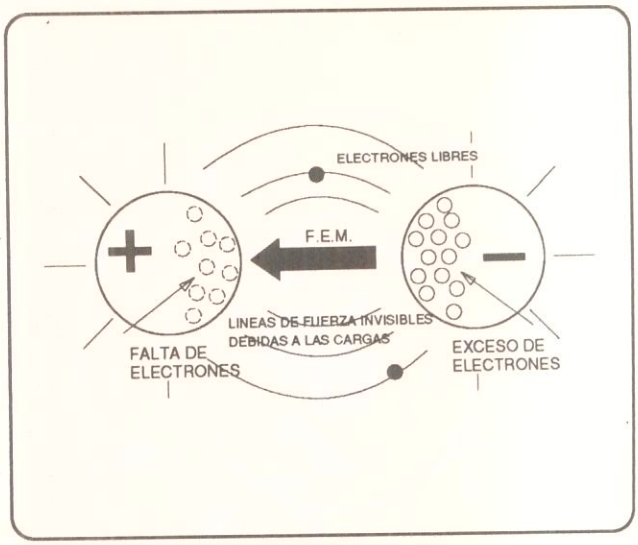


Fig. 5.7 F.E.M. entre cuerpos cargados.

la **cantidad** de carga en cada una de ellas y de la distancia que las separa (las líneas de fuerza se debilitan al aumentar la distancia entre ellas). La energía que originalmente se usó para trasladar electrones a la esfera negativa es **almacenada como energía potencial** por los electrones desplazados. Estos electrones pueden hacer trabajo cuando regresan a la esfera positiva.

Mientras mayor sea la carga en las esferas, mayor será la f.e.m. que actúa entre ellas, y mayor será la energía almacenada por los electrones.

5.2.3 LA MEDIDA DE LA F.E.M.

Como ya tenemos una unidad de energía, el **julio** y una unidad de medida de la carga, el **culombio**, es fácil ahora, definir la magnitud de la f.e.m. que actúa entre dos cuerpos. Simplemente expresamos esta fuerza en términos de la cantidad de carga desplazada en el proceso de carga y la cantidad de energía proporcionada a los electrones, por la acción cargadora. La unidad de f.e.m. es el **voltio**.

1 VOLTIO: Es la diferencia de potencial eléctrico que existe entre dos puntos de un conductor eléctrico, recorrido por una corriente de 1 amperio, cuando la potencia disipada entre esos dos puntos es igual a 1 watt (Fig. 5.9).

Otra manera de definir 1 voltio es:

1 VOLTIO: Fuerza electromotriz que da un julio

de energía o trabajo a una carga de un culombio.

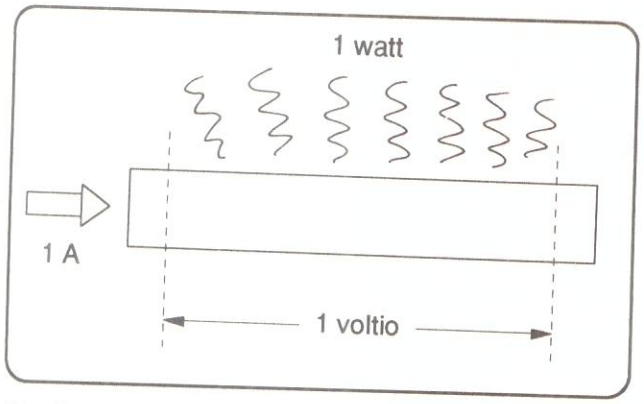


Fig. 5.8 Esquema de un voltio (v).

Se acostumbra representar la f.e.m. con la letra (E) y la unidad **voltio**, por medio de la letra (v). Por ejemplo:

Si E= 8V se lee "La f.e.m. es de 8 voltios".

Si utilizamos los conocimientos recién adquiridos (Seccion 5.2 y 5.3), podemos expresar la relación matemática entre **carga, energía y f.e.m.** en una fórmula general:

$$E = \frac{W}{Q}$$

E: f.e.m. expresada en "voltios".

W: Trabajo o energía expresado en "julios".

Q: Carga eléctrica expresada en"culombios".

5.3 CORRIENTE DE ELECTRONES Y F.E.M.

Al hablar de corriente de electrones, estamos hablando de la **electrodinámica** (podemos definirla como: electricidad en movimiento o energía cinética de los electrones en movimiento). En esta sección, estudiaremos la naturaleza de esta forma de energía, su medida y su uso.

Antes de estudiar la electrodinámica, debemos comprender primero el significado de **corriente de electrones.** Para esto, un experimento hipotético será de gran ayuda:

- Suponga que colocamos dos esferas (montadas en soportes de plástico), separadas alrededor de 25cm. entre sí (Fig. 5.9). Si colocamos una carga positiva en la esfera de la izquierda y una negativa en la de la derecha, las líneas de fuerza resultantes tratarán de llevar el exceso de electrones de la esfera negativa a la positiva. Sin embargo, el aire entre las esferas impide que los electrones pasen de una esfera a otra. Si se quiere que los electrones pasen de la esfera negativa a la positiva, se les debe proporcionar **un camino.**

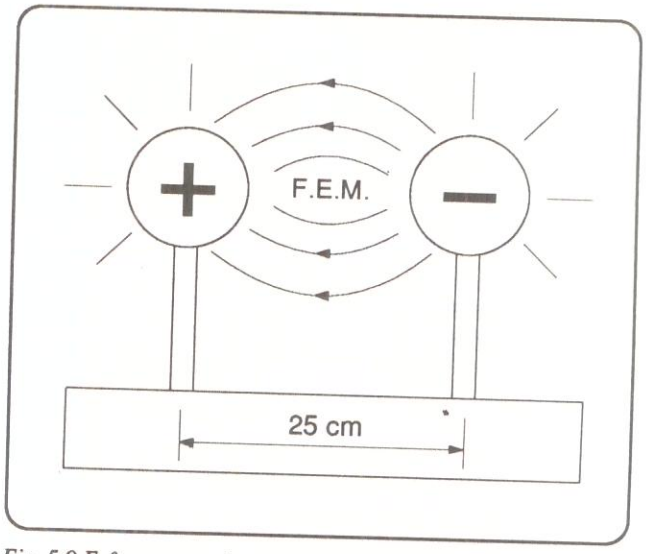


Fig. 5.9 Esferas cargadas.

Ahora ponemos una cuerda a un alambre de cobre (de longitud suficiente para unir las dos esferas) (Fig. 5.10):

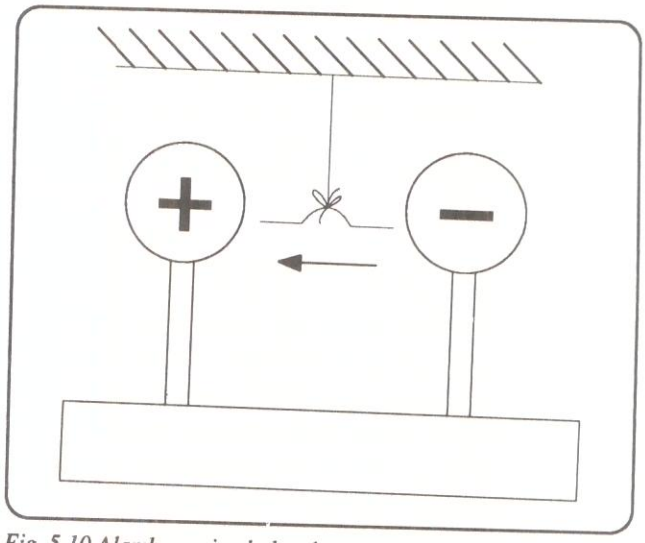


Fig. 5.10 Alambre uniendo las dos esferas.

Se baja lentamente la cuerda de la que cuelga el alambre por entre las dos esferas, hasta que las toque con sus extremos. En el instante que esto sucede ocurrirá lo siguiente:

La fuerza electromotriz provocada por las cargas, actúa sobre los electrones libres del alambre, haciendo que **fluyan** por él. Este movimiento de los electrones libres de la carga negativa a la positiva, se llama **corriente de electrones** (Fig. 5.11).

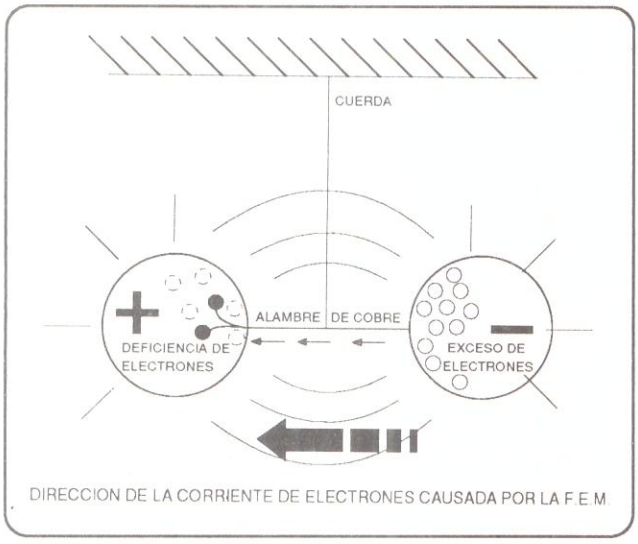


Fig. 5.11 Corriente de electrones.

La corriente de electrones a través del alambre de cobre, se detendrá cuando el último electrón en exceso haya salido de la esfera negativa. En ese instante el sistema total estará **eléctricamente neutro**.

Lo más importante del experimento anterior fue determinar que la corriente de electrones **deja de fluir** cuando la carga en las esferas se neutraliza. La f.e.m. provocada por esas cargas desaparece cuando el último excedente ha salido hacia la otra esfera.

SIN FUERZA ELECTROMOTRIZ NO EXISTE CORRIENTE DE ELECTRONES

Si tuviese un artefacto que proporcione f.e.m. constante, se podría mantener una corriente contínua de electrones en un conductor. Una pila seca o un acumulador, son **fuentes de f.e.m. constantes**. En una pila seca, la energía de una reacción química es convertida en energía eléctrica. Esta reacción química ejerce una f.e.m. en los electrones, y los obliga a trabajar (si es que tienen libertad de moverse). La f.e.m. promedio de una pila seca es de 1,5 voltios (1,5 julios por culombio).

5.3.1 MEDIDA DE LA CORRIENTE DE ELECTRONES:

La corriente eléctrica la podemos definir de las siguientes maneras:

- **Flujo de electrones libres a través de un conductor.**

- **Flujo de cargas (se hace referencia a la carga negativa de cada electrón).**

- **Desplazamiento de los electrones a través de un material conductor.**

Cuando se miden flujos -como en el caso de la corriente eléctrica- es muy importante el tiempo que dura la medición. El flujo de agua en una cañería (en un punto determinado) se mide en litros por segundo.

La intensidad de la corriente, en un conductor, podría medirse haciendo uso de la cantidad de electrones que pasan por un punto en un segundo. Este método sería impráctico (la cantidad de electrones son trillones). Mucho más práctico es medir la rapidez del flujo de carga en **culombios por segundo** (1 culombio corresponde a 6,25 trillones de electrones). Aunque "culombio por segundo" sería el nombre directo de la unidad de la corriente eléctrica. La **unidad de corriente de electrones o flujo de carga es el amperio**, en honor a **André Marie Ampére** (1775-1836. Físico francés, niño prodigio en matemáticas y luego fundador del electromagnetismo. Enseñó física y química en Bourg y matemáticas en la Escuela Politécnica de París).

Un amperio se define de las siguientes formas:

- **Flujo de 1 culombio de carga por segundo, pasando por el punto de medida.**

- **Es la intensidad de una corriente eléctrica constante que, mantenida en el vacío entre dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita y sección circular despreciable, y situados en la distancia de un metro uno del otro, producirán trabajo de $2,0 \times 10^{-7}$ julio (N.m.) entre ambos (Fig. 5.13).**

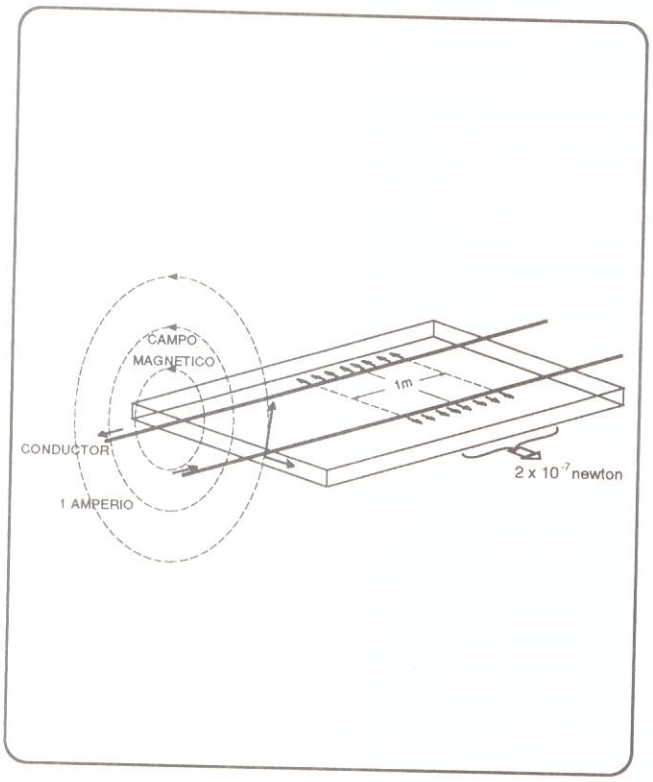


Fig. 5.12 Esquema de un Amperio (A).

5.4 RESISTENCIA EN CIRCUITOS ELECTRICOS:

La corriente de electrones libres en un circuito eléctrico, encuentra **oposición a su movimiento** en todas las partes del circuito. Esta oposición es llamada **resistencia** y se le puede comparar con la dificultad del paso del agua por una manguera o por una tubería parcialmente obstruida con basura o con arena. También puede compararse a la fricción entre una bola que rueda y las asperezas de la superficie sobre la cual lo hace (Fig. 5.13). Al vencer esta resistencia la bola **pierde energía cinética** porque se convierte en energía calorífica.

La fricción (**resistencia al movimiento**) de un objeto depende del tipo de superficie sobre la que se mueve. De manera parecida los diferentes metales ofrecen diferente cantidad de oposición a la corriente de electrones.

Gran parte de la resistencia se debe a los **choques** entre los electrones que fluyen y los átomos estacionarios. **Los electrones pierden energía cinética al fluir a través de una resistencia.** Esta energía es convertida en calor.

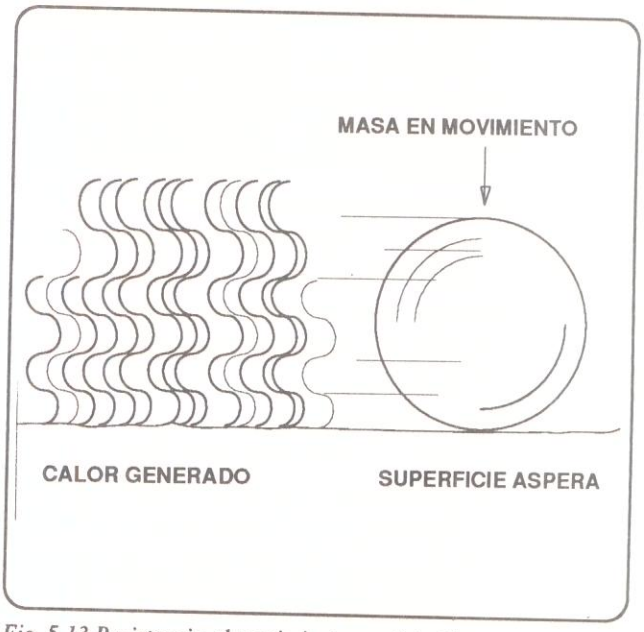


Fig. 5.13 Resistencia al movimiento por fricción.

5.4.1 RESISTENCIA Y PERDIDA DE ENERGIA:

Todas las partes de un circuito eléctrico ofrecen resistencia al flujo de electrones (Fig. 5.14).

* **La fuente de energía**. Cada aparato o máquina eléctrica debe contar con una fuente de energía. La fuente varía según el aparato de que se trate; pueden ser pilas como las de una lámpara de mano -foco-, un acumulador como la de un automóvil, un generador de un camión, o bien un generador de una gran central hidroeléctrica. Todos estos sistemas son fuentes de energía eléctrica.

* **Mecanismo de control.** Para que un circuito eléctrico sea útil, debe ser posible controlarlo. En el caso de la lámpara de mano, el interruptor permite el control. Los mecanismos del control pueden ser un botón para hacer sonar un timbre, un interruptor de palanca sencilla, o bien, interruptores de circuito que lo abran automáticamente en caso de peligro. Los interruptores o mecanismos de control en los aparatos eléctricos pueden operarse manualmente o de manera automática.

* **La carga**. El propósito fundamental al emplear la electricidad, es efectuar algún trabajo. Cuando se emplea un foco, el trabajo que ejecuta la electricidad es el de calentar el filamento de la lámpara, el que al quedar en el estado incandescente, emite luz. Al artefacto, que la electricidad **hace funcionar**, general-

mente se llama **carga.** En el foco, la bombilla constituye la carga (no se debe confundir con carga eléctrica).

* **Conductores.** Generalmente, se emplean alambres de cobre de sección circular para conducir la energía eléctrica. Sin embargo, existen muchos circuitos que no cuentan con alambres para transportarla; en el foco, por ejemplo, se utiliza la cubierta metálica como conductor, En un automóvil, la carrocería metálica constituye uno de los "conductores". No importa el tipo de conducto que se emplee, lo importante es que se complete el circuito, pues de otra *manera la energía eléctrica no puede fluir.*

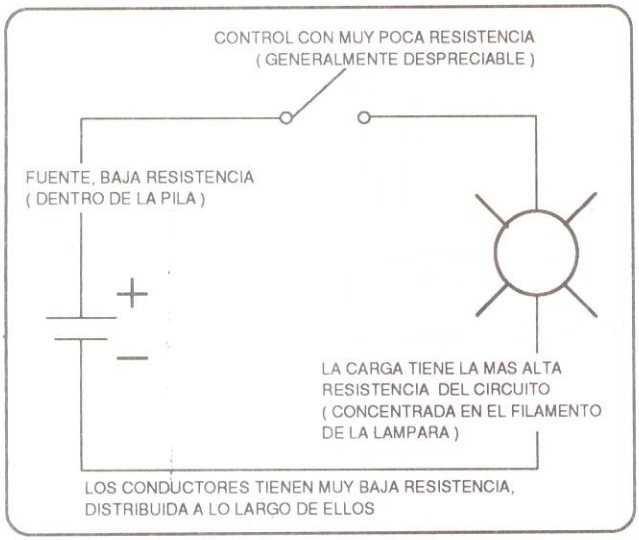


Fig. 5.14 Resistencia es un circuito eléctrico.

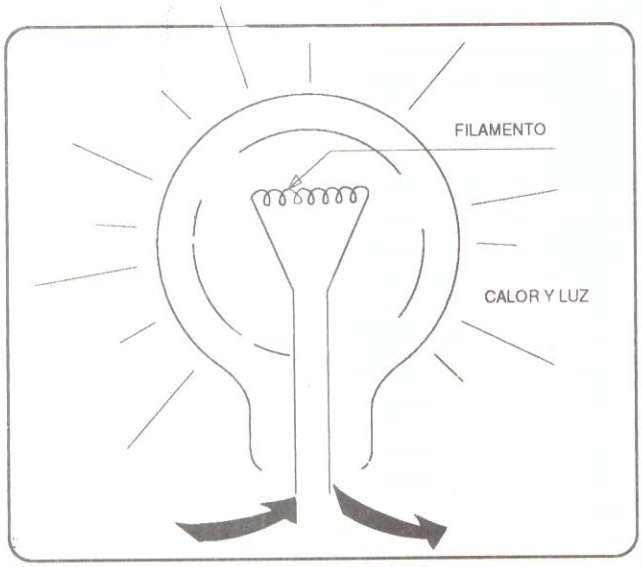


Fig. 5.15 Resistencia concentrada en el filamento.

La carga siempre tiene la más alta resistencia en todo el circuito (bombillas, plancha, cocina, etc.).

La gran resistencia de la lámpara está concentrada con el filamento muy delgado de alambre (tungsteno); está "concentrada" en un pequeño volumen y comúnmente es llamada **resistencia concentrada** (Fig.5.15).

La muy baja resistencia de los conductores de cobre (y en general la de algunos metales) esparcida a

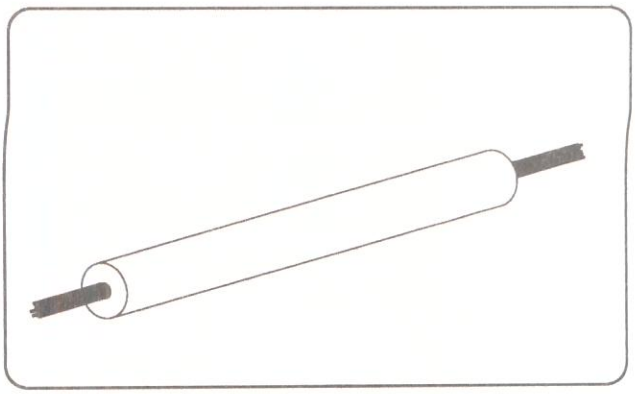


Fig. 5.16 Resistencia distribuida a lo largo de todo el conductor.

lo largo, esto se llama **resistencia distribuida** (Fig. 5.16).

La resistencia en la fuente y el mecanismo de control es prácticamente nula (en electrónica la resistencia interna de la fuente es considerada como una resistencia concentrada).

Ya que la resistencia siempre causa **pérdida de energía de los electrones**, debemos concluir que los electrones pierden energía en todo el circuito eléctrico. Siempre se pierde la mayor parte de la energía en la resistencia concentrada de la carga (Fig. 5.15).

Los técnicos hablan de "pérdida de energía", cuando la electricidad se convierte en calor. La pérdida de energía en la resistencia de la fuente, de los conductores y el mecanismo de control es imperceptible.

5.4.2 FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA:

La cantidad de oposición o resistencia que encuentra la corriente de electrones dentro de un metal (u otras sustancias) dependen de los siguientes factores:

* **El tipo de metal.** Algunos metales tienen una bajísima resistencia interna debido a la estructura de sus átomos. Los cuatro metales con resistencia mínima entre todas las sustancias son: plata, cobre, oro y aluminio. De los cuatro, la plata tiene menor resistencia, seguida por el cobre, luego el oro y después el aluminio.

* **La longitud del alambre.** La resistencia de un alambre de metal aumenta con su longitud. A mayor longitud de un alambre de metal habrá más colisiones entre átomos y electrones, con lo que se convierte en calor más energía de los electrones (Fig. 5.17).

* **El área de la sección transversal de un conductor.** A mayor amplitud en el camino de la corriente de electrones, más facilidad para su flujo a través del metal. A mayor área de la sección transversal del alambre, menor resistencia (Fig. 5.18 y 5.19).

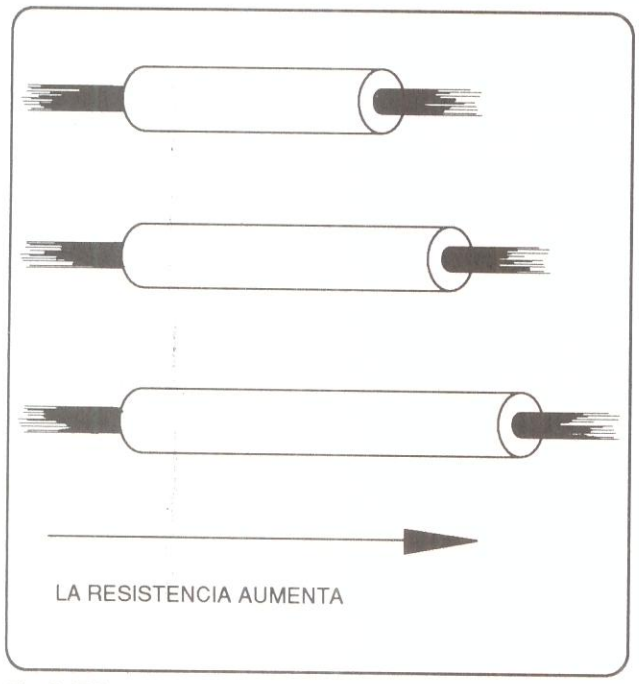


Fig. 5.17 Longitud y resistencia.

* **La temperatura del metal.** A una temperatura normal, la energía calorífica presente en todas las sustancias origina una suave vibración de sus átomos, sin que éstos pierdan su posición en la estructura cristalina del metal. Si se aumenta la temperatura, los átomos se agitan más y habrá mayor número de choques entre los electrones que fluyen y los átomos. En consecuencia en los metales la

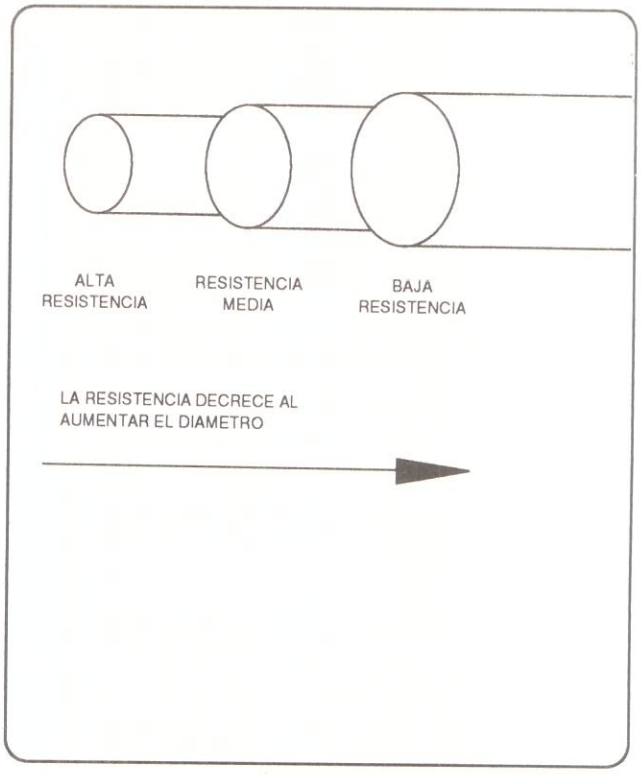


Fig. 5.18 Area de sección transversal vs. resistencia.

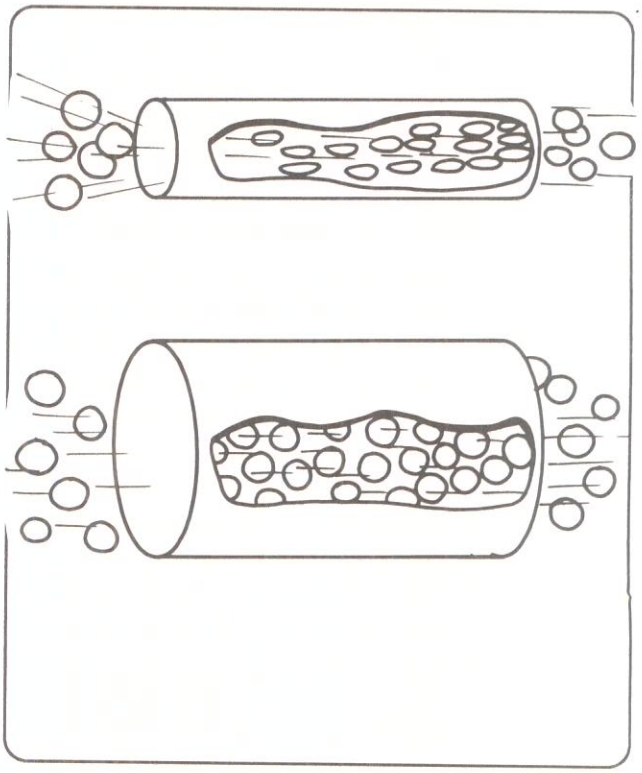


Fig. 5.19 Los electrones fluyen con más facilidad en el conductor grueso.

resistencia aumenta con la temperatura (Fig. 5.20).

Fig. 5.20 La resistencia aumenta al aumentar la temperatura en el metal.

5.5 MEDIDA DE LA SUPERFICIE:

La resistencia siempre causa una pérdida de energía en los electrones -se convierte en calor-. Recordemos que la energía transportada por los electrones depende de la f.e.m. que actúa sobre ellos. Considerando estas dos proposiciones, llegamos a una conclusión: si los electrones pierden energía al fluir en contra de una resistencia, entonces esta **pérdida de energía implica una diferencia de potencial** o voltaje debido a la resistencia (esto es exactamente lo que sucede en los circuitos prácticos). Los técnicos se refieren a esta pérdida de energía o voltaje como **la "caída" de voltaje o diferencia de potencial a través de una resistencia.**

La energía "perdida" y la "pérdida" de voltaje resultante son usadas para definir la unidad de resistencia, llamada **OHMIO:**

* **Un Ohmio.** Es la cantidad de resistencia que causa una diferencia de potencial de 1 voltio a una corriente constante de 1 amperio.

* **Un Ohmio:** Es la resistencia eléctrica entre dos puntos de un conductor, cuando al aplicar una diferencia de potencial constante de un voltio entre ambos puntos, se produce dentro del conductor una corriente de un amperio, siempre que no intervenga, en dicho conductor, ningún tipo de fuerza electromotriz (Fig. 5.21).

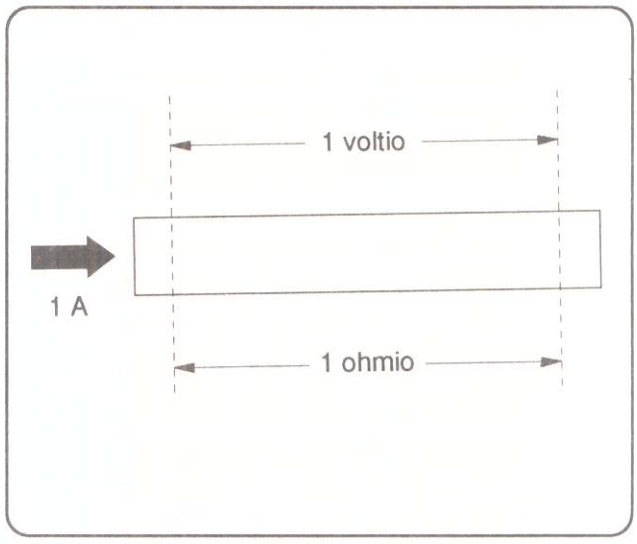


Fig. 5.21 Esquema de un OHMIO (Ω).

5.6 PREGUNTAS PROPUESTAS:

1. ¿Quién fue Ernest Rutherford?
2. ¿Quién fue Niels Bohr?
3. Convencionalmente, ¿qué signo se le asigna a la carga del electrón?
4. Convencionalmente, ¿qué signo se le asigna a la carga del protón?
5. ¿Qué entendemos por carga negativa de un cuerpo?
6. ¿Qué entendemos por carga positiva de un cuerpo?
7. ¿Cuál es la unidad de carga y cómo la podemos definir?
8. ¿Quién fue Charles A. Coulomb?
9. ¿Cuál es la unidad de la fuerza electromotriz y cómo se define?
10. ¿Cuál letra se usa para representar la diferencia de potencial?
11. Indique la fórmula matemática que relaciona la carga eléctrica, la energía y la f.e.m. Además, refiera en qué unidad se expresa cada uno de esos términos.
12. ¿Cómo se define la electrodinámica?
13. ¿Cómo se define la corriente de electrones?
14. ¿Cuál es la unidad de medida de la corriente de electrones? ¿Cómo se define?
15. ¿Quién fue André Marie Ampére?
16. Mencione y explique las partes básicas de un circuito eléctrico.
17. En un bombillo eléctrico ¿en qué parte se concentra la resistencia? Explique.
18. De las partes que usted mencionó en la pregunta Nº 16, indique cuál de ellas tiene mayor resistencia.
19. Indique y explique cuatro factores que afectan la resistencia eléctrica.
20. ¿Cuál es la unidad de medida de la resistencia eléctrica y cómo se define?

UNIDAD VI

LEY DE OHM

En esta unidad se estudia la Ley de Ohm. También se analizan los diferentes tipos de circuitos eléctricos. Además se resuelven y proponen problemas sobre la Ley de Ohm.

6.1 INTRODUCCION:

Al aplicar una f.e.m. a un circuito eléctrico cerrado (considerando que la única oposición al flujo de electrones sea la resistencia), se produce una corriente de electrones a través de todas las partes del circuito. La f.e.m. aplicada da energía cinética a los electrones libres, que es convertida en energía calorífica por la resistencia del circuito. La mayor parte de esta conversión ocurre en la carga o resistencia.

En el estudio de la electrodinámica, se sospechó durante mucho tiempo la existencia de una íntima relación entre el voltaje, la corriente de electrones y la resistencia de un circuito eléctrico. En el año de 1827, el profesor alemán de física, **Georg Simon Ohm** (1787-1854) quien estableció la Ley que hoy lleva su nombre, según la cual hay una relación de dependencia funcional entre la intensidad de una corriente eléctrica, su potencial eléctrico y la resistencia del circuito. En su honor, la unidad de resistencia eléctrica lleva su nombre. También contribuyó a los estudios sobre acústica y publicó una sencilla ecuación que explicaba la exacta relación entre f.e.m. corriente y resistencia.

Esta ecuación conocida como la **Ley de Ohm**, se ha convertido, en una poderosa herramienta para los técnicos en electricidad y electrónica. Permite predecir lo que sucederá en un circuito antes de construirlo.

6.2 LA LEY DE OHM:

Esta ley establece la relación existente entre la f.e.m. la corriente de eléctrica y la resistencia. Puede enunciarse de la siguiente manera:

> **La cantidad de corriente eléctrica que fluye en un circuito es directamente proporcional a la f.e.m. aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del circuito.**

El enunciado anterior puede expresarse mediante una sencilla fórmula matemática, así:

$$I \alpha \frac{V}{R}$$

Ley de Ohm
(Fórmula para calcular la intensidad)

En donde:

I= Corriente eléctrica (intensidad); expresada en amperios (A)

E= Diferencia de potencial, f.e.m. o voltaje; expresado en voltios (V).

R= Resistencia eléctrica; expresada en Ohmios (Ω, letra omega del alfabeto griego).

De la Ley de Ohm podemos derivar fórmulas para la f.e.m. y la resistencia:

(Ley de Ohm)

Despejando "E" tenemos:

Fórmula para calcular el voltaje.

Despejando "R" tenemos:

Fórmula para calcular la resistencia.

La Ley de Ohm es una de las leyes más importantes de la electrodinámica y es aplicable tanto a circuitos de corriente directa como de corriente alterna, cuando los circuitos son estrictamente resistivos.

6.3 CIRCUITOS ELECTRICOS BASICOS:

En la acualidad se usan millones de circuitos eléctricos en el hogar y en la industria. Se clasifican en **tres tipos básicos:** circuitos en serie, circuitos en paralelo y circuitos complejos.

Los circuitos en serie y en paralelo difieren considerablemente, tanto en su construcción como en su funcionamiento.

Los circuitos complejos son una combinación de circuitos en serie y circuitos en paralelo.

En esta unidad estudiaremos las características principales de los circuitos en serie y en paralelo.

6.3.1 EL CIRCUITO EN SERIE:

La característica principal de estos circuitos es la disposición de sus componentes en línea o en una sola fila. La fuente, el mecanismo de control y las cargas están conectadas en tal forma que proporcionan

un **camino único** al flujo de electrones que pasa por ellos (Fig. 6.1).

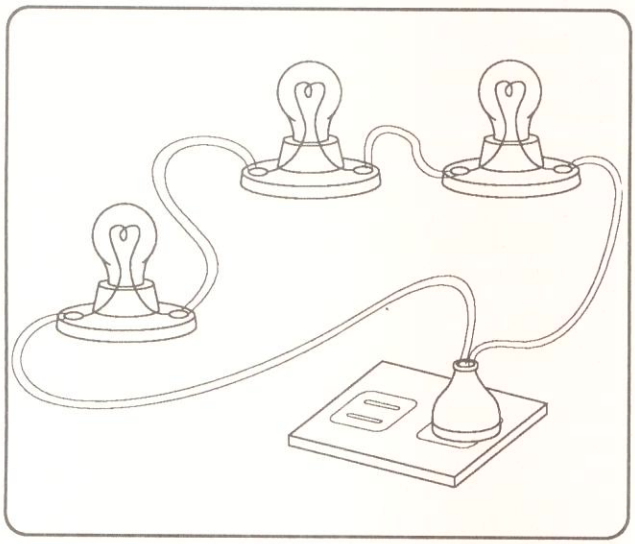


Fig. 6.1 Circuito en serie.

Si se interrumpe el circuito en cualquier punto, se detendrá el flujo de electrones. Esta es la razón por la que, cuando se funde un bombillo de un circuito en serie, dejan de operar los demás.

Dado que sólo existe un camino para el flujo de electrones, la corriente (intensidad) **tiene el mismo valor en todas las partes de un circuito en serie**.

El voltaje de la fuente de energía se distribuye, en un circuito en serie, entre las cargas del circuito.

El voltaje necesario para forzar el paso de una cierta cantidad de carga, a través de una resistencia, depende de la oposición que ésta ofrezca (a este voltaje se le conoce como "caída" de voltaje).

En un circuito en serie, la suma de las "caídas" de voltaje provocadas por las diferentes resistencias, es igual al voltaje total aplicado al circuito. Esto puede demostrarse aplicando la Ley de Ohm, tal como lo ilustra la Fig. 6.2.

La resistencia total de un circuito en serie, es igual a la suma de todas las resistencias que forman el circuito (Fig. 6.3).

En los circuitos en los que se emplean alambres de pequeña longitud, puede omitirse la resistencia que presentan, al calcular la resistencia total. Cuando, por

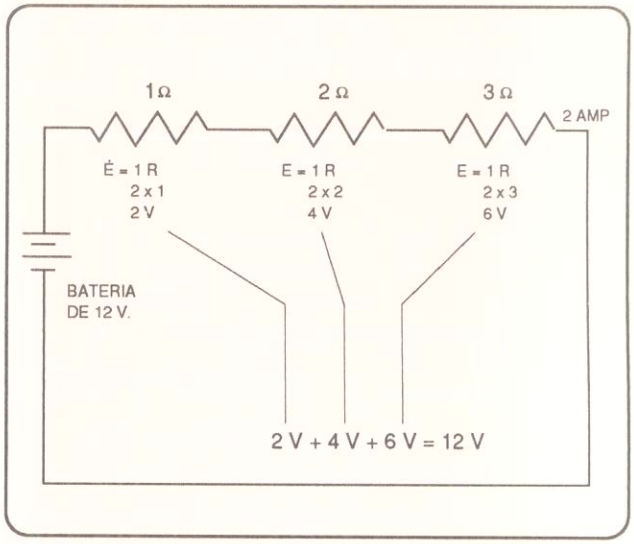


Fig. 6.2 La Ley de Ohm puede aplicarse a todo un circuito o a partes de él. Cuando se aplica a las cargas (que pueden ser partes de un circuito en serie), se encuentra que la suma de las caídas de voltaje es igual al voltaje total del circuito.

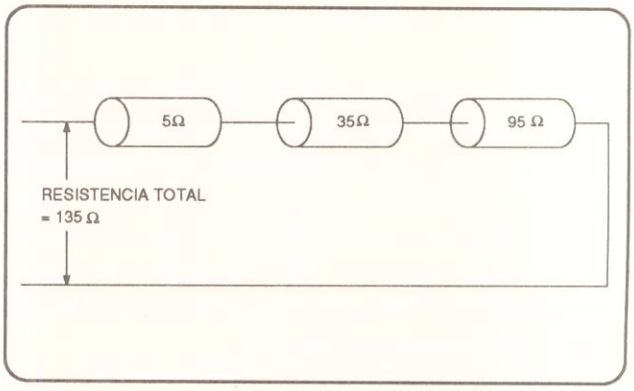


Fig. 6.3 Suma total de circuito en serie.

otra parte, los alambres sean muy largos, es necesario agregar la resistencia que ofrecen, a la resistencia de las cargas.

Los circuitos en serie con varias cargas se usan muy poco en el hogar. Posiblemente, su único uso sea el de las luces en el árbol de Navidad, que vienen conectadas en serie. En la industria, los circuitos en serie son muy usados en control eléctrico y en circuitos de automatización.

6.3.2 EL CIRCUITO EN PARALELO:

En un circuito en paralelo, las cargas se colocan saliendo de la línea de conducción, o sea, entre los dos alambres conectados a la fuente de energía. A las cargas y sus conductores, a menudo se les llama "**ramales del circuito**".

El voltaje total aplicado a un circuito en paralelo, es igual que en sus ramales (Fig. 6.4).

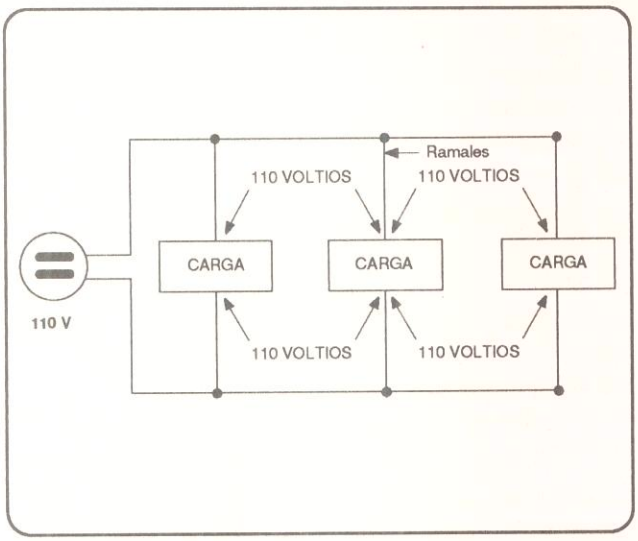


Fig. 6.4 Los voltajes en cada uno de los ramales de un circuito en paralelo son iguales a 110 voltios.

Por esta razón, pueden conectarse al circuito varias cargas que operen al mismo voltaje. Esta ventaja de los circuitos en paralelo, se aprovecha en las instalaciones eléctricas caseras. Por lo general, todos los aparatos electrodomésticos y los bombillos funcionan con una f.e.m. de 110 voltios (la cual es obtenida en casi todos los tomacorriente del hogar) según estén dispuestos (Fig. 6.5).

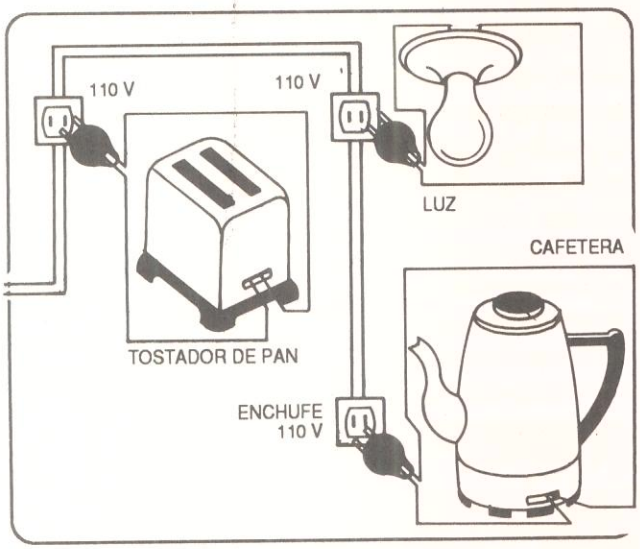


Fig. 6.5 Los circuitos en paralelo se aplican en las instalaciones eléctricas caseras.

La corriente que fluye por un circuito en paralelo se distribuye **por igual entre todos los ramales del circuito si las cargas son iguales.** La cantidad de corriente que pasa por cualquiera de ellos depende, en consecuencia. de la resistencia que ese ramal oponga. Mientras menor sea la resistencia que oponga, mayor será la cantidad de corriente que pase. La cantidad total de corriente (intensidad) **que fluya por un circuito en paralelo es igual a la suma de las cantidades de corriente que pasan por cada uno de los ramales** (Fig. 6.6).

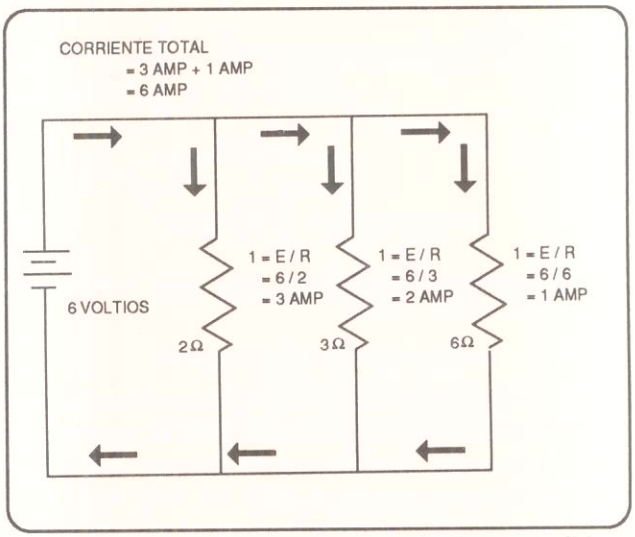


Fig. 6.6 La corriente que pasa por un circuito en paralelo se distribuye entre los diferentes ramales del circuito. La corriente total que pasa por él, es igual a la suma de las corrientes que pasan por cada uno de los ramales.

La resistencia total de un circuito en paralelo es **siempre menor que el valor que tenga la menor resistencia que exista en el circuito** (Fig. 6.7). Esto se debe a que en los circuitos en paralelos, los electrones tienen más caminos por dónde fluir.

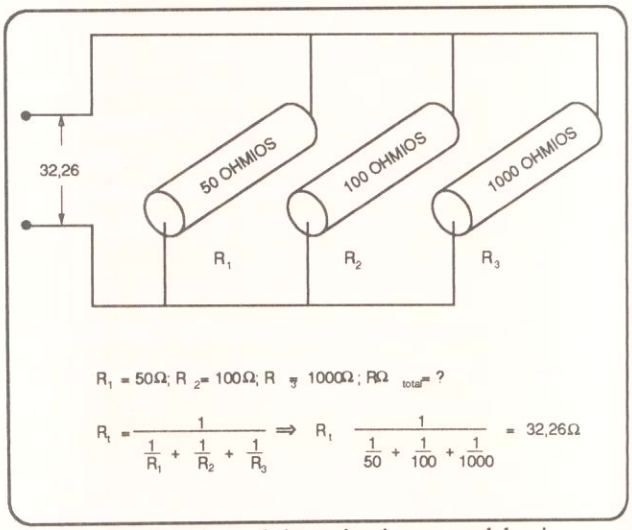


Fig. 6.7 La resistencia total de un circuito en paralelo, siempre es menor que la resistencia de cualquiera de sus ramales.

6.4 PROBLEMAS Y PREGUNTAS RESUELTOS:

1. Calcule la corriente de electrones que fluirá a través de un foco con una resistencia caliente de 3 ohmios, conectada a una fuente de 9 voltios.

I=? R=3ohmios E=9 voltios

$I = \frac{E}{R}$; al sustituir, tenemos: $I = \frac{9}{3} = 3$ amperios

R/. La corriente que fluirá por el foco es de 3 amperios.

2. Una pila fotovoltáica genera un voltaje de 0,50 voltios, en plena luz del Sol. ¿Qué cantidad de corriente de electrones fluirá si la pila se conecta a una carga de 9 ohmios?

I=? E=0,50 voltios R= 9 ohmios.

$I = \frac{E}{R}$; al sustituir, tenemos: $I = \frac{0,50}{9} = 0,056$ amperios

R/. Por la pila fluirá una corriente de 0,056 amperios.

3. Un radio con resistencia interna de 250 ohmios se conecta a una fuente de voltaje de 9 voltios. Calcule la corriente de electrones que fluyen a través del radio.

I=? E=9 voltios R= 250 ohmios.

$I = \frac{E}{R}$; al sustituir, tenemos: $I = \frac{9}{250} = 0,036$ amperios

R/. A través del radio fluye una corriente de electrones de 0,036 amperios.

4. Se aplica una f.e.m. de 9 voltios a través de una resistencia de 8 ohmios. Calcule la corriente de electrones que fluirá por la resistencia.

I=? E= 9 voltios R= 8 ohmios

$I = \frac{E}{R}$ $I = \frac{9}{8} = 1,13$ amperios

R/. Por la resistencia fluirá corriente de 1,13 amperios.

5. Un foco con una resistencia caliente de 95 ohmios es conectada a una línea de 120 voltios (c.a.) ¿Qué cantidad de corriente de electrones fluirá a través del filamento?

I=? E= 120 voltios R= 95 ohmios.

$I = \frac{E}{R}$ ═══ $I = \frac{120}{95} = 1,26$ amperios

R/. A través del filamento fluirá una corriente de 1,26 amperios.

6. Un elemento calentador de 75 ohms de resistencia necesita un flujo de electrones de 3 amperios para su funcionamiento. ¿Qué f.e.m. debe aplicársele?

E=? I= 3 amperios R=75 ohmios

E= 1xR E= 3x75 = 225 voltios

R/. Debe aplicársele una f.e.m. de 225 voltios.

7. Encuentre la f.e.m. de una pila cargada que proporciona una intensidad de 7,6 amperios a través de una carga de 0,15 ohmios.

E=? I= 7,6 amperios R=0,15 ohmios

E= 1xR E= 7.6x0,15 =1,14 voltios

R/. La f.e.m. de la pila es de 1,14 voltios.

8. Una pila fotovoltáica proporciona una corriente de 0,18 amperios a través de una carga de 35 ohmios, en plena luz del Sol. Calcule la f.e.m. de la pila.

E=? I=0,18 amperios R=35 ohmios

E= 1xR E= 0,18 x 35 =6,3 voltios

R/. La f.e.m. de la pila es de 6,3 voltios.

9. ¿Cuántas pilas Leclanché habrá de conectarse en serie para producir un flujo de 1 amperio por una resistencia de 24 ohmios?

E=? I=1 amperio R=24 ohmios

E= 1xR ═══ E= 1 x 24 =24 voltios

Recordemos que las pilas Leclanché (Sección 4.9.1.1) se fabrican para que generen una f.e.m. de 1,5

voltios. Por lo tanto, la cantidad de pilas necesarias esta dado por:

$$\frac{24}{1,5} = 16 \text{ pilas}$$

R/. Se necesitan 16 pilas, ya que éstas conectadas en serie producen un voltaje total de 24 voltios.

10. Un cristal piezoeléctrico produce una corriente de una millonésima de amperios a través de un voltímetro sensible, con una resistencia de 14 millones de ohmios. Calcule el voltaje que indica el medidor.

$E = ?$ $I \frac{1}{1.000.000} = 10^{-6}$ amp. $R = 14.000.000 = 14 \cdot 10^6$ ohmios

$E = IxR$ $E = \frac{1}{1.000.000} x14.000.000 = 10^{-6} x14 \cdot 10^6 = 14$ voltios

R/. El medidor indica 14 v.

11. Una f.e.m. de 120 voltios aplicada en un circuito produce una corriente de 6 amperios. Determine la resistencia del circuito.

R=? E=120 voltios I = 6 amperios.

$R = \frac{E}{I}$ $R = \frac{120}{6} = 20$ ohmios

R/. La resistencia del circuito es 20 ohmios.

12. Un foco se conecta a una línea de corriente alterna (c.a.) de 110 voltios. Encuentre su resistencia caliente si la corriente que fluye a través del foco es de 0,8 amperios.

R=? E=110 voltios R=0,8 amperios

$R = \frac{E}{I}$ $R = \frac{110}{0,8} = 137,5$ ohmios

R/. La resistencia caliente del foco es de 137,5 ohmios.

13. Un cautín conectado a una fuente de 120 voltios obtiene una corriente de electrones de 13,5 amperios. Determine la resistencia de su elemento calentador.

R= ? E=120 voltios R=1,35 amperios

$R = \frac{E}{I}$ $R = \frac{120}{1,35} = 88,9$ ohmios

R/. La resistencia del elemento calentador del cautín es de 88,9 ohmios.

14. Calcule la resistencia del elemento calentador de una tostadora que al conectarse a una línea de c.a. de 120 voltios obtiene una corriente de 11,5 amp.

R=? E=120 voltios R=11,5 amperios.

$R = \frac{E}{I}$ $R = \frac{120}{11,5} = 10,43$ ohmios

R/. La resistencia del elemento calentador del cautín es de 10,43 ohmios.

6.5 PREGUNTAS PROPUESTAS:

1. ¿Quién fue Georg Simon Ohm?

2. ¿Enuncie la relación existente entre la fuerza electromotriz, al corriente de electrones y la resistencia.

3. Indique las fórmulas para calcular la intensidad, la diferencia de potencial y la resistencia eléctrica.

4. ¿Cuál es la unidad y el símbolo de : la corriente de electrones, la fuerza electromotriz y la resistencia eléctrica?

5. Clasifique los circuitos eléctricos básicos.

6. Enuncie las características principales de un circuito en serie.

7. Enuncie las características principales de un circuito en paralelo.

8. Dibuje un diagrama de un circuito en serie.

9. Dibuje un diagrama de un circuito en paralelo.

10. Indique la (s) fórmula (s) para calcular la resistencia total de un circuito en paralelo.

11. Calcular la f.e.m. que debe ser aplicada a una resistencia de 30 ohmios para producir una intensidad de 4 amperios.

    R/. 120 voltios.

12. Un bombillo con una resistencia caliente de 95 ohmios es conectado a una fuente de 110 voltios (c.a.) ¿Qué cantidad de corriente fluirá a través del filamento?

    R/. 1,16 amperios.

13. Se aplica una f.e.m. de 6 voltios a través de una resistencia de 8 ohmios. Calcule la corriente de electrones que fluirá a través de la resistencia.

    R/. 0,75 amperios.

14. Un radio de transistores tiene una resistencia interna de 400 ohmios. ¿Qué cantidad de corriente fluirá por él si se conecta a una batería de 12 voltios?

    R/. 0,03 amperios.

15. El elemento calentador de un cautín tiene una resistencia de 200 ohmios. Calcule la corriente a través del aparato si se conecta a una toma de 120 voltios (c.a.).

    R/.0,60 amperios.

16. El motor de arranque de un automóvil tiene una resistencia interna de 0,12 ohmios. ¿Qué cantidad de corriente de electrones fluirá cuando se conecta a un acumulador de 12 voltios?

    R/. 100 amperios.

17. Calcule la corriente de electrones en amperios en los siguientes problemas:

    a. E: 0,3 voltios; R:18 ohmios
    b. E: 80 voltios; R: 24 ohmios
    c. E: 120 voltios; R: 23,5 ohmios
    ch. E: 12,8 voltios; R: 3,23 ohmios
    d. E: 6 voltios; R: 20 ohmios
    e. E: 90 voltios; R: 22 ohmios

    R/. a): 0,017 A; b): 3,33 A: c): 5,11 A; ch): 3,96 A, d): 0,30 A; e): 4,09 A.

18. Una corriente de electrones de 2 amperios fluye a través de una resistencia de alambre desnudo de 3,8 ohmios. Calcule la f.e.m. que está causando este flujo de electrones.

    R/. 7,6 voltios.

19. Un foco con resistencia caliente de 90 ohmios es calentada por la energía que transporta una corriente de electrones de 1,4 amperios. ¿Cuál es la f.e.m.?

    R/. 126 voltios.

20. Un radio de transistores con resistencia interna de 200 ohmios necesita una corriente de electrones de 0,03 amperios para funcionar. Calcule la f.e.m. necesaria para que funcione el aparato.

    R/. 6 voltios.

21. Un elemento calentador de 50 ohmios de resistencia necesita un flujo de electrones de 2,4 amperios para su funcionamiento. ¿Qué voltaje debe aplicársele?

R/. 120 voltios.

22. Calcule la f.e.m. necesaria para que un acumulador produzca una corriente de electrones de 220 amperios a través de la resistencia de 0,03 ohmios.

R/. 6,6 voltios.

23. Encuentre la f.e.m. de una pila cargada que proporciona una intensidad de 9 amperios a través de una carga de 0,12 ohmios.

R/. 1,08 voltios.

24. Una pila fotovoltáica proporciona una corriente de 0,16 amperios a través de una carga de 30 ohmios, en plena luz del Sol. ¿Cuál es la f.e.m. de la pila?

R/. 4.8 voltios.

25. ¿Cuántas pilas secas de carbón y zinc habrá de conectarse en serie para producir un flujo de electrones de 0,5 amperios, por una resistencia de 24 ohmios?

R/. 8 pilas de 1,5 voltios cada una.

26. Un cristal piezoeléctrico produce una corriente de electrones de una millonésima de amperio a través de un voltímetro sensible con una resistencia interna de 11 millones de ohmios. Calcule el voltaje que indica el medidor.

R/. 11 voltios.

27. Calcule el voltaje aplicado en cada uno de los siguientes problemas:

a. I= 0,004 amperios; R=18.000 ohmios
b. I= 18 amperios; R= 8 ohmios
c. I= 23 amperios; R= 17 ohmios
ch. I= 0,035 amperios; R= 0,60 ohmios
d. I= 9 amperios; R= 12 ohmios
e. I= 0,005 amperios; R= 17.000 ohmios

R/. a): 72 voltios; b): 144 voltios; c): 391 voltios; ch): 0,02 voltios; d): 108 voltios; e): 85 voltios.

28. Una f.e.m. de 120 voltios aplicada en un circuito produce una corriente de 2,5 amperios. Calcule la resistencia del circuito.

R/. 48 ohmios.

29. Un bombillo se conecta a una línea de c.a. de 120 voltios. Encuentre su resistencia caliente si la corriente que fluye a través de la lámpara es de 0,9 amperios.

R/. 133,33 ohmios.

30. Un pequeño radio de transistores necesita un voltaje de 9 voltios y una corriente de electrones de 0,02 amperios para funcionar. ¿Cuál es el valor de su resistencia interna?

R/. 450 ohmios.

31. Un cautín conectado a una fuente de 110 voltios obtiene una corriente de electrones de 1,3 amperios. Determine la resistencia de su elemento calentador.

R/. 84,62 ohmios.

32. El foco delantero de un automóvil necesita un flujo de electrones de 3 amperios con una f.e.m. de 12 voltios para funcionar. ¿Cuál es la resistencia de su filamento?

R/. 4 ohmios.

33. Calcule la resistencia del elemento calentador de un tostador de pan que, al conectarse a una línea de c.a. de 120 voltios, obtiene una corriente de 11 amperios.

R/. 10,91 ohmios.

UNIDAD VII

LEY DE WATT (POTENCIA ELECTRICA)

En esta unidad se estudiará la potencia eléctrica. Se trabaja con la fórmula de la potencia y se resuelven problemas aplicándola.

7.1 INTRODUCCION:

Un circuito eléctrico es el camino a través del cual se hace pasar a los electrones con el objeto de que hagan un trabajo. **La potencia eléctrica es la velocidad con que se efectúa este trabajo, o sea, la velocidad con que la energía eléctrica se transforma en otra clase de energía.**

La potencia eléctrica se mide en **vatios o watts,** en honor a **James Watt** (1736-1819)[1]

Se consume un vatio de potencia eléctrica al forzar el paso de un amperio de corriente a través de un circuito, con una f.e.m. de un voltio (también podemos decir que un vatio o watt es la potencia de un sistema energético en el que se transfiere uniformemente una energía de un julio durante un segundo). El watt se simboliza con la letra "**W**"

La corriente eléctrica transporta la energía eléctrica a la carga de un circuito. La potencia con que la energía eléctrica se transforma en otra clase de energía por unidad de tiempo, se expresa en vatios o watts. Esta características se conoce como el consumo de watts de la carga. Una bombilla eléctrica de 25 watts, por ejemplo, produce una cierta cantidad de luz. Otra de 100 watt, producirá una iluminación más intensa. Aunque ambas bombillas transforman la energía eléctrica en luz y calor, la más grande lo hace con mayor intensidad.

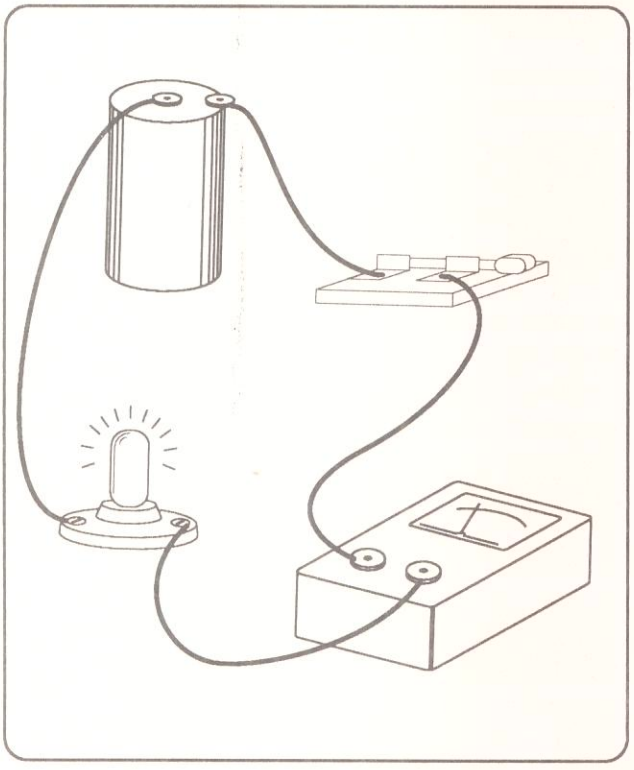


Fig. 7.1 Concepto de un watt o vatio. Potencia eléctrica que consiste en la cantidad de trabajo que se puede efectuar con un amperio de corriente, forzada a través de un circuito, por un voltaje o f.e.m. de un voltio.

7.2 LA MEDIDA DE LA POTENCIA ELECTRICA:

La potencia eléctrica de un aparato depende de dos factores: la cantidad de corriente en amperios que fluyen por él (a mayor corriente fluyendo por una carga, mayor energía transportarán los electrones cada segundo); la cantidad de voltaje o f.e.m. actuando sobre los electrones (a mayor f.e.m. aplicada, mayor energía transportará cada electrón).

A continuación daremos la fórmula básica para calcular la potencia eléctrica:

(1) $$P = \frac{W}{t}$$

Fórmula básica para calcular la potencia eléctrica.

En donde:

P: Potencia expresada en watt o "vatios" (**W**).

W: Trabajo o energía expresado en "julios" (**J**).

t: Tiempo expresado en "segundos" (**s**)*.
(* en minúscula).

De la fórmula básica se derivan otras que también permiten calcular la potencia eléctrica, pero en función de otras variables:

(2) $$P = \frac{E^2}{R}$$

Fórmula para calcular la potencia eléctrica en función de la f.e.m. y la resistencia.

(3) $$P = E \cdot I$$

Fórmula para calcular la potencia eléctrica en función de la f.e.m. y la corriente (intensidad).

---

1 Ingeniero mecánico escocés, nacido en Cartsdyke. Encargado de poner a punto un modelo reducido de máquina Newcomen, observó el desperdicio de calor hacia la atmósfera en forma de vapor y se le ocurrió condensar este último fuera de cilimdro. Tras incorporar varias mejoras e innovaciones, en 1769 logró patentar la primera máquina de vapor auténtica. En 1782 patentó la máquina de doble efecto. Tres años después, inventó la corredera, dispositivo movido por la máquina misma, que distribuía al vapor a ambos lados del émbolo y lo dirigía después al condensador. Se le considera como el verdadero inventor de la máquina de vapor.

(4) $P = I^2 \cdot R$

Fórmula para calcular la potencia eléctrica en función de la intensidad y la resistencia.

En donde:

E: Fuerza electromotriz expresada en "voltios".

R: Resistencia eléctrica expresada en "ohmios".

I: Intensidad o corriente eléctrica expresada en "amperios"

7.3 PROBLEMAS Y PREGUNTAS RESUELTAS

1. Una lámpara grande recibe una corriente de 14 amperios de una fuente de 110 voltios ¿Cuál es su potencia?

E= 110 voltios; I= 14 amperios; P= ?

P= E • I al sustituir los datos, tenemos:

P= 110 • 14= 1.540 watt.

R/. La potencia de la lámapara es de 1.540 watt.

2. Un motor eléctrico pequeño, se conecta a una batería de 7,5 voltios y se mide un flujo de córriente de 0,75 amperios. Calcular la potencia del motor.

E= 7,5 voltios; I= 0,75 amperios P=?

P= E • I al sustituir los datos, tenemos:

P= 7,5 • 0,75 = 5,63 watt.

R/. La potencia del motor es de 5,63 watt; o sea, el motor usa energía eléctrica a razón de 5,63 watt por segundo.

3. ¿Cuál es la potencia eléctrica de un tostador de par que emplea 10 amperios cuando se le conecta a una toma de 110 voltios?

E= 110 voltios; E= 10 amperios; P= ?

P= E • I al sustituir los datos, tenemos:

P= 110 • 10 = 1.000 watt.

R/. La potencia del tostador es de 1100 watt; es lo mismo decir que el tostador usa energía eléctrica a razón de 1.100 watt por segundo.

4. El elemento térmico de un tostador de pan tiene una resistencia de 12 ohmios y consume 10 amperios de corriente ¿Cuál es la potencia eléctrica?

R= 12 ohmios; I= 10 amperios; P= ?

$P = I^2 \cdot R$ al sustituir los datos, tenemos:

$P = (10)^2 \cdot (12) = (100)(12) = 1.200$ watt.

R/. La potencia del elemento térmico es de 1.200 watt.

5. Un radio receptor de 60 vatios está conectado a una toma de corriente de 110 voltios. ¿Qué cantidad de corriente consume?

P=60 vatios o watt, E=110 voltios, I=?

$P = E \cdot I = I = \frac{P}{E}$ Al sustituir los datos tenemos:

$I = \frac{60}{110}$ 0,55 amperios

R/. La intensidad de la corriente del radio receptor es de 0,55 amperios.

7.4 PREGUNTAS PROPUESTAS:

1. ¿Qué es la potencia eléctrica?

2. ¿Cuál es la unidad para medir la potencia eléctrica?

3. Utilizando los símbolos adecuados, escriba las diferentes fórmulas que expresan la potencia eléctrica.

4. Un cautín consume 2,5 amperios de corriente cuando se conecta a una fuente de 120 voltios. ¿Cuál es la potencia consumida?

5. Una lámpara manual conectada a una batería de automóvil de 12 voltios opone una resistencia de 26 ohmios al paso de la corriente. ¿Cuál es la potencia de la bombilla?

6. Una bombilla consume 6 amperios de corriente cuando se conecta a una batería de 6 voltios. Otra bombilla utiliza 0,7 amperios cuando opera con un voltaje de 110 voltios. Calcular la potencia de cada bombilla.

7. Una bombilla eléctrica emplea 3 amperios de corriente cuando opera con una batería de 6 voltios. Otra bombilla utiliza 1 amperio cuando funciona conectada a una batería de 18 voltios. ¿Puede ser mayor la luminosidad de una que la de la otra? Explique su respuesta.

8. ¿Qué cantidad de corriente emplea un cautín de 110 vatios, si opera con un voltaje de 120 voltios?

9. La resistencia de un faro de automóvil es de 20 ohmios. ¿Cuál es la potencia del faro, si está conectado a la batería de 12 voltios del automóvil?

10. Calcule la potencia eléctrica en cada uno de los siguientes casos:

a.	E=110 voltios;	I=6 amperios;	P=?
b.	E= 6,3 voltios;	I=30 amperios;	P=?
c.	E= 110 voltios	I= 0,6 amperios;	P=?
ch.	E= 100 voltios;	I= 0,0035 amperios	P=?
d.	E= 1,5 voltios;	I= 1,9 amperios;	P=?
e.	E= 1,25 voltios;	I= 2,8 amperios;	P=?
f.	E= 12 voltios;	I= 26 amperios;	P=?
g.	E= 440 voltios;	I= 6 amperios;	P=?
h.	E= 220 voltios;	I= 10 amperios;	P=?

UNIDAD VIII

DESARROLLO DE LA INDUSTRIA ELECTRICA EN COSTA RICA

En esta unidad se estudia tanto el desarrollo de la industria eléctrica como el de las telecomunicaciones en nuestro país.

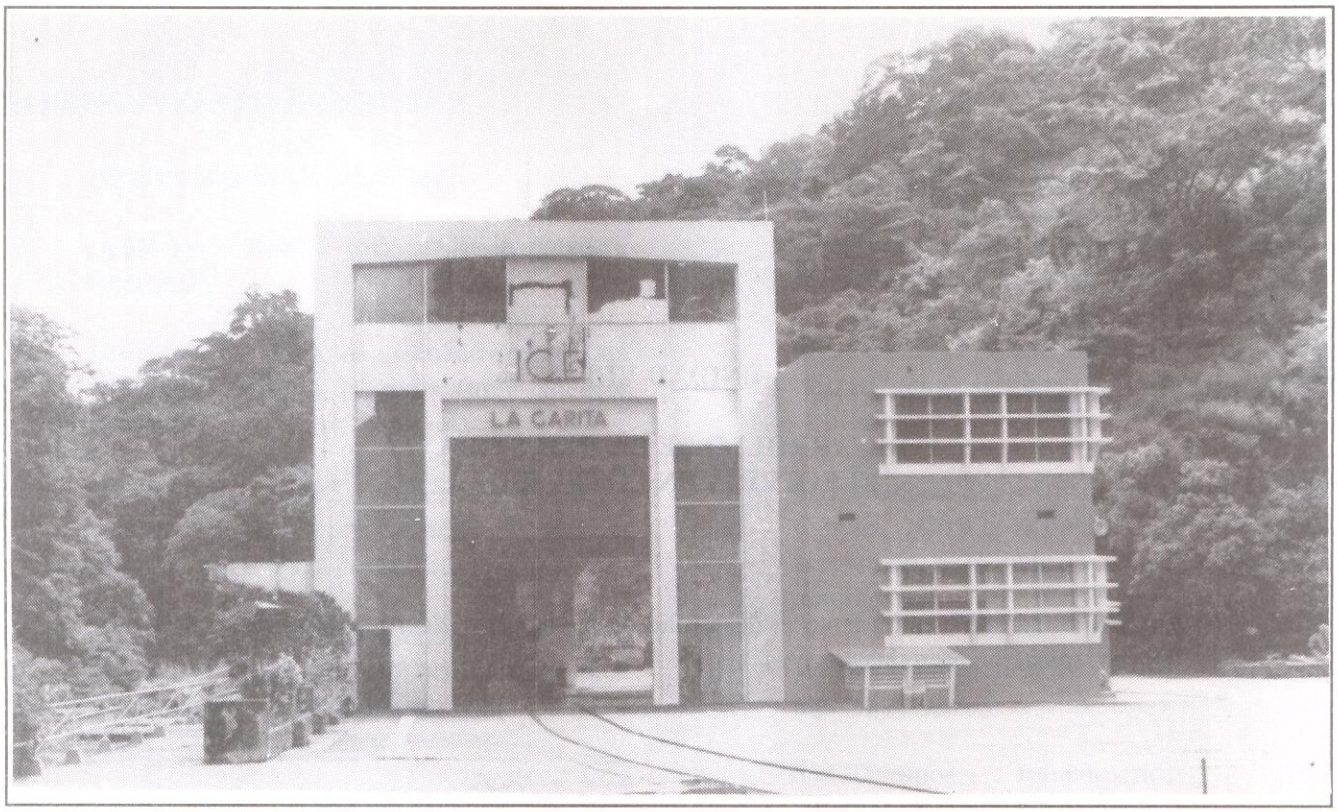


Fig. 8.1 Casa de máquinas de la Planta de La Garita.

8.1 INTRODUCCION:

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) es la entidad estatal encargada de resolver los problemas de electrificación, según lo que estipula el Decreto Ley N° 449 del 8 de abril de 1949.

Las principales empresas generadoras de electricidad son el ICE, la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) y la Junta Administradora de Servicios Eléctricos de Cartago (JASEC). Las tres últimas generan parte de sus necesidades.

Las empresas distribuidoras de electricidad son las mismas generadoras ya citadas, además de las siguientes cooperativas de electrificación rural: Coopeguanacaste, con sede en Santa Cruz; Coopealfaro, con sede en Zarcero; Coopelesca, con sede en Cuidad Quesada y Coopesantos, con sede en San Marcos de Tarrazú. Estas cooperativas compran la energía en bloque al ICE.

El servicio eléctrico se brinda a partir del Sistema Nacional Interconectado (SNI), el cual incluye las principales plantas generadoras, las subestaciones, líneas de transmisión y redes de distribución. Su funcionamiento se regula en el Centro de Control de Energía ubicado en La Sabana y es propiedad del ICE. El SNI atraviesa la mayor parte del territorio nacional, desde la frontera con Nicaragua hasta la frontera con Panamá y desde Limón hasta Puntarenas, con derivaciones hacia las demás zonas de mayor concentración de población. Las redes son objeto de constantes ampliaciones para abarcar gradualmente todo el país.

El servicio eléctrico atiende alrededor del 75% de la población nacional. El ICE genera el 91.5% de la energía demandada por el SNI y es responsable de la planificación total de los servicios eléctricos en Costa Rica y de producir y entregar la energía demandada por las otras empresas eléctricas.

El ICE fija su política con base en el desarrollo del sistema eléctrico y de las necesidades, tanto inmediatas como mediatas del país, y conforme con su responsabilidad de abastecer, satisfactoriamente, los servicios eléctricos para el comercio, la agricultura, la industria y el sector residencial.

8.2 DESARROLLO DE LA INDUSTRIA ELECTRICA EN COSTA RICA:

La primera planta generadora en nuestro país fue instalada en el Barrio Aranjuez, San José. Su construcción se debió al esfuerzo del Ing. Manuel Vicente Dengo, costarricense, ayudado por don Luis Batres, guatemalteco.

Entró en servicio apenas dos años después de haber sido inaugurada la primera planta generadora del mundo, en New York, Estados Unidos. La planta de Aranjuez se utilizó para el alumbrado público incandescente de la ciudad capital, el cual se inauguró el 9 de agosto de 1884; la potencia de aquella fue de 50 kilovatios (KW).

En vista de los buenos resultados obtenidos se construyeron tres plantas más: una sobre el Río Torres, con capacidad de 200 KW, la que desapareció en 1908; otra en Río Segundo de Alajuela, con capacidad de 100 KW; y la tercera en Porrosatí de Santa Bárbara, Heredia, con una capacidad de 400 KW.

En el año 1900, el empresario norteamericano Minor C. Keith, quien había financiado algunas de las plantas antes citadas, formó la empresa "The Costa Rican Electric Light and Traction Company", que puso en servicio la planta hidroeléctrica Brasil, de 1000 KW de potencia, en 1912. Un año antes de esto, el señor Felipe J. Alvarado fundó la Compañía Nacional de Electricidad, que construyó la planta de Belén, de 2500 KW de potencia.

Durante el período entre 1912 y 1922, estas dos compañías hicieron adiciones en ambas plantas, por un total de 1400 KW.

En 1922 surgió una nueva empresa, la Compañía Nacional Hidroeléctrica S.A., la que construyó la planta Electriona, con una capacidad instalada de 2720 KW.

A pesar del incremento de la potencia, producto del esfuerzo de las compañías existentes , la demanda de energía eléctrica crecía muy rápidamente, circunstancia que imposibilitó a los accionistas a suplir el capital necesario para implementar un programa de construcción, acorde con el ritmo del crecimiento experimentado.

La American Foreign Power Company Incorporated, subsidiaria de la Electric Bond and Share Company (EBASCO), controló desde 1928, las actividades de las tres compañías nacionales al comprar la mayor parte de sus acciones. Se efectuó, de hecho, un monopolio de la industria eléctrica en Costa Rica, transformándose en subsidiaria de inversionistas interesados, principalmente en la obtención de dividendos, y no en los problemas y necesidades nacionales.

En 1927, algunos costarricenses, con amplio sentido de responsabilidad ante la situación desfavorable que presentaba la industria eléctrica y, por consiguiente, la economía nacional, y movidos por un afán de identificación con las tendencias mundiales, orientadas hacia la explotación de los sistemas eléctricos nacionales en beneficio de los pueblos, fundaron la "Liga Cívica" y, posteriormente, en el 1945, la "Asociación para la Defensa del Consumidor Eléctrico".

El Gobierno, por su parte, decidió crear el Servicio Nacional de Electricidad, al que le encomendó como función primordial llevar a cabo la nacionalización de la industria eléctrica, mediante la adquisición, construcción,operación y mantenimiento de plantas eléctricas. Debido principalmente a razones de índole económica, el SNE se vio incapacitado para cumplir con la función referida y se limitó a desarrollar actividades de regulación y control de las empresas particulares y el otorgamiento de concesiones o derechos sobre aguas para regadío y producción de electricidad. Es importante mencionar que, aunque las actividades desarrolladas por la Liga Cívica, la Asociación para la Defensa del Consumidor Eléctrico y el Servicio Nacional de Electricidad no lograron controlar la acción monopolizadora de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, sí dieron origen, con el correr de los años, a un movimiento gradual de opinión pública y conciencia cívica que, posteriormente, propició e impulsó las gestiones de construcción de la planta hidroeléctrica de Carrillos de Poás, por parte de la Municipalidad de Heredia y planteó la urgente necesidad de establecer un sistema eléctrico nacional. Prueba fehaciente de estos conceptos lo constituye el "Plan de Electrificación para Costa Rica", presentado el 2 de diciembre de 1948 a la Junta Directiva del Banco Nacional de Costa Rica, por un grupo de ingenieros eléctricos y civiles. Dado la trascendencia del plan, la Junta lo remitió para que fuera estudiado por el Gobierno de la República.

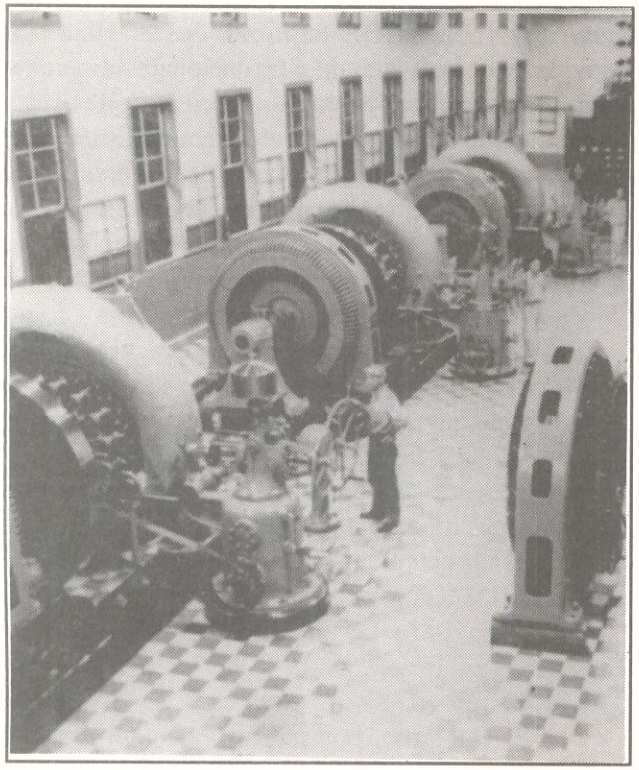


Fig. 8.2 Unidades turbogeneradoras de la Planta de Belén.

8.3 CREACION DEL INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD:

Los antecedentes señalados en relación con la industria nacional y el éxito alcanzado por otros países que nacionalizaron la electricidad como un servicio público, que a la vez orienta el desarrollo de los recursos naturales y fortalece la economía, dieron origen a la creación del Instituto Costarricense de Electricidad, mediante el Decreto-Ley Nº 449 del 8 de abril de 1949.

A1 ICE se le confieren facultades amplias para buscar una solución a la crisis eléctrica. Se creó como institución autónoma y su programa básico de trabajo consistió en la construcción y puesta en servicio de nuevas plantas generadoras y sus correspondientes redes de distribución, líneas de transmisión y subestaciones.

Algunas de las funciones básicas del ICE, de conformidad con el Decreto-Ley Nº 449, son:

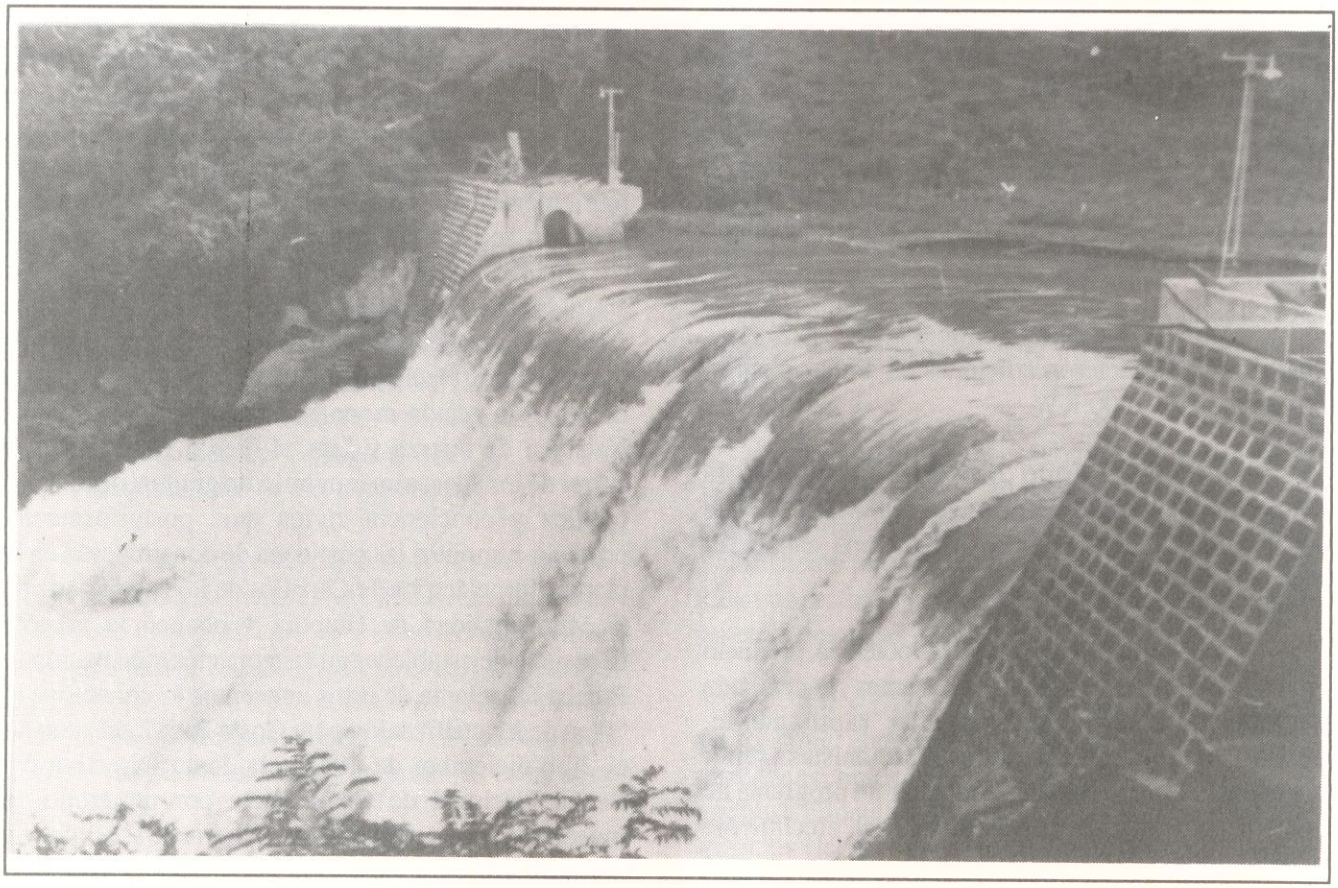


Fig. 8.3 Presa de la Planta Electriona.

Fig. 8.4 Rueda Pelton de la Planta Hidroeléctrica de Aranjuez.

A. Dar solución pronta y eficaz a la escasez de fuerza eléctrica en la nación,cuando ella exista y procurar que haya en todo momento energía disponible para impulsar el desarrollo de nuevas industrias, el uso de la electricidad en las regiones rurales y su mayor consumo doméstico. Las principales gestiones del instituto se encaminarán a llevar este objetivo, usando para ello todos los medios técnicos, legales y financieros necesarios y su programa básico de trabajo será el de construcción de nuevas plantas de energía hidroeléctrica y de redes de distribución. Esta tarea será llevada a cabo dentro de los límites de las inversiones económicamente de riqueza del país.

Promover el desarrollo industrial y la mayor producción nacional, haciendo posible el uso preferencial de la energía eléctrica como fuente de fuerza motriz y de calefacción y ayudando, por medio de asesoramiento y de la investigación tecnológica, al mejor conocimiento y explotación de las fuentes de riqueza del país.

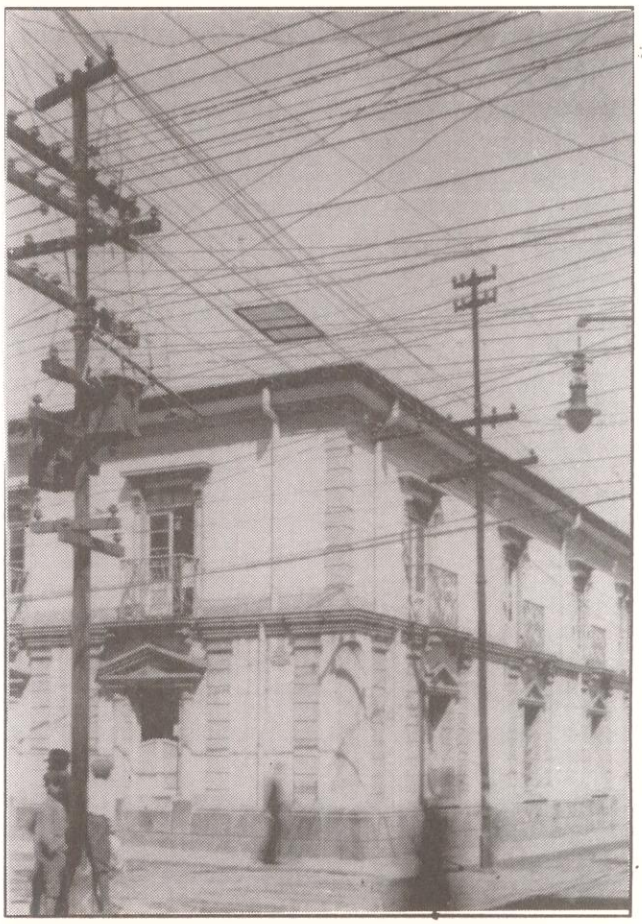


Fig. 8.5 Redes de distribución eléctrica en las inmediaciones del Congreso Constitucional de la República, hoy Banco Central de Costa Rica.

Cuando se creó el ICE, la capacidad instalada en todo el territorio nacional era de 36 637 kilovatios. El Instituto inició su labor solucionando los problemas de emergencia que existían al momento de su creación, especialmente en el Area Metropolitana, por insuficiencia de capacidad de generación, lo que había obligado a tomar medidas extremas para satisfacer la demanda de entonces.

En 1953, el ICE adquirió el Sistema Eléctrico Saxe, que servía a varias poblaciones alejadas de San José, tales como Limón, Turrialba, Cartago, San Ramón, Palmares, Atenas, San Mateo, Orotina y Puntarenas, las cuales sufrían de un mal servicio. De inmediato comenzó a realizar cuantiosas inversiones para mejorar los sistemas de distribución, esfuerzos que culminaron con la total reconstrucción de las redes, mediante un programa especial financiado por una agencia crediticia internacional. La entrada en servicio de la Planta Diesel-Eléctrica de Colima en 1956, con una capacidad de 12000 KW inicialmente, hoy aumentada a 19540

KW, solucionó el problema de potencia del servicio eléctrico que impedía el desarrollo de la zona más densamente poblada por Costa Rica.

La solución básica a los problemas antes citados la planificó el ICE, mediante la construcción de proyectos hidroeléctricos de gran capacidad.

El primero fue La Garita, que aprovecha el Río Grande de San Ramón; entró en operación en agosto de 1958. Su potencia es de 30000 KW. En agosto de 1963, puso en servicio su segunda planta hidroeléctrica de gran potencia, Río Macho, con una capacidad inicial de 30000 KW. Emplea las aguas del río homónimo, afluente del Reventazón.

Estas últimas, junto con la de Colima, también de motores de combustión interna y la de las Horquetas, del tipo biogás, de 150 KW, son plantas de reserva o "standby" del Sistema Nacional Interconectado, el cual funciona normalmente, con plantas hidroeléctricas.

En los centros aislados, vale decir, los no cubiertos por este sistema, operan plantas de motor de combustión interna, de menor potencia.

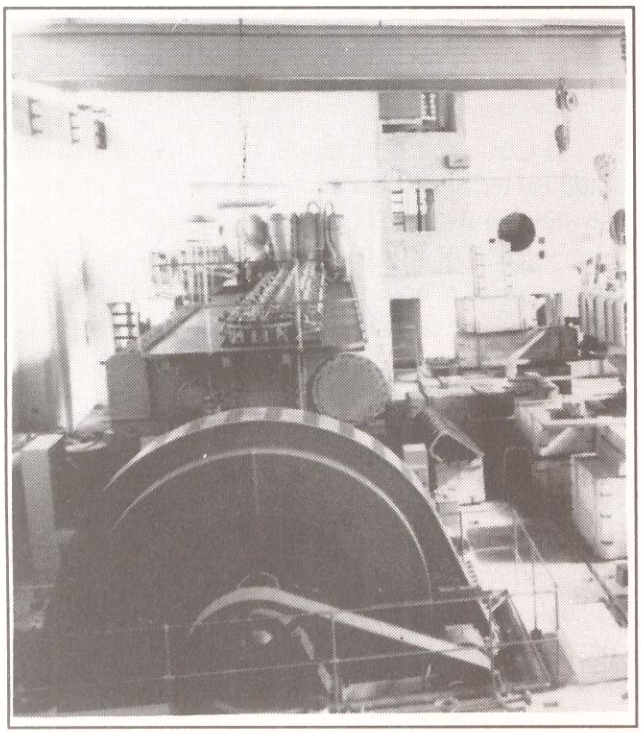


Fig. 8.8 Instalación de las unidades de generación en la Planta de Colima.

Por ahora, el país cuenta con la de Puerto Jiménez, de 850 KW y la de Los Chiles de 450 KW.

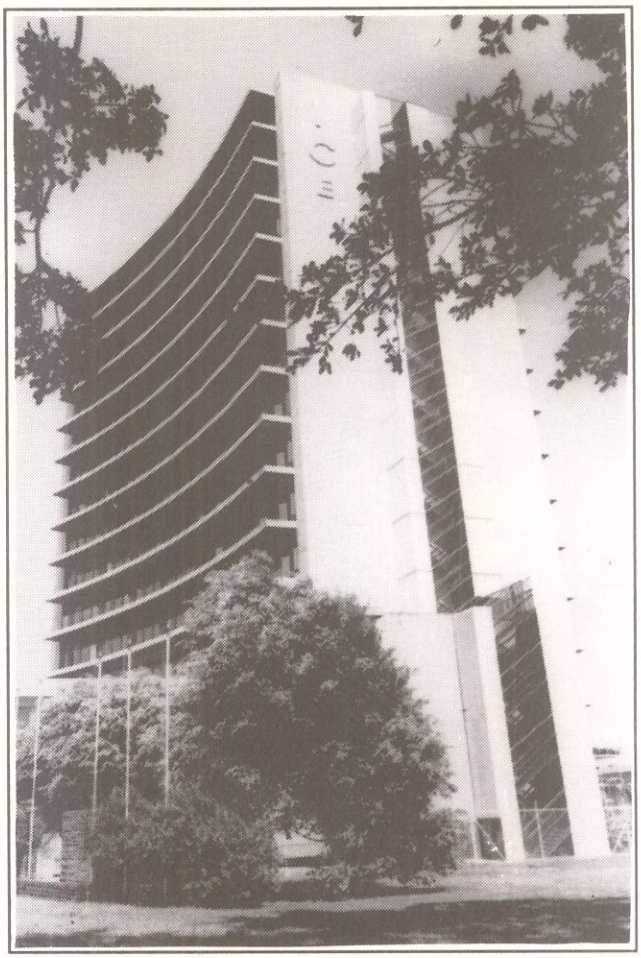


Fig. 8.6 Edificio Central de ICE en Sabana Norte.

A la par de cada una de estas obras el instituto ha construido otras adicionales, tales como subestaciones elevadoras y reductoras de tensión, líneas de transmisión y redes de distribución, todo lo cual ha ido cambiando sustancialmente las condiciones y modo de vida del costarricense, que día a día se da cuenta de cómo la energía eléctrica le ayuda a llevar una vida más cómoda en su constante búsqueda de la felicidad y el bienestar.

En mayo de 1966 entró en operación la primera de las dos unidades de la Planta Hidroeléctrica Cachí, de 32000 KW; la segunda lo hizo en enero de 1967 para completar la I etapa de esta planta que emplea al caudaloso Reventazón, y que es también la primera de su género en Centroamérica. Posee, además, atracciones turísticas que son beneficios marginales para la zona.

Una vez concluidos los trabajos de esta primera etapa de Cachí se procedió a la construcción del

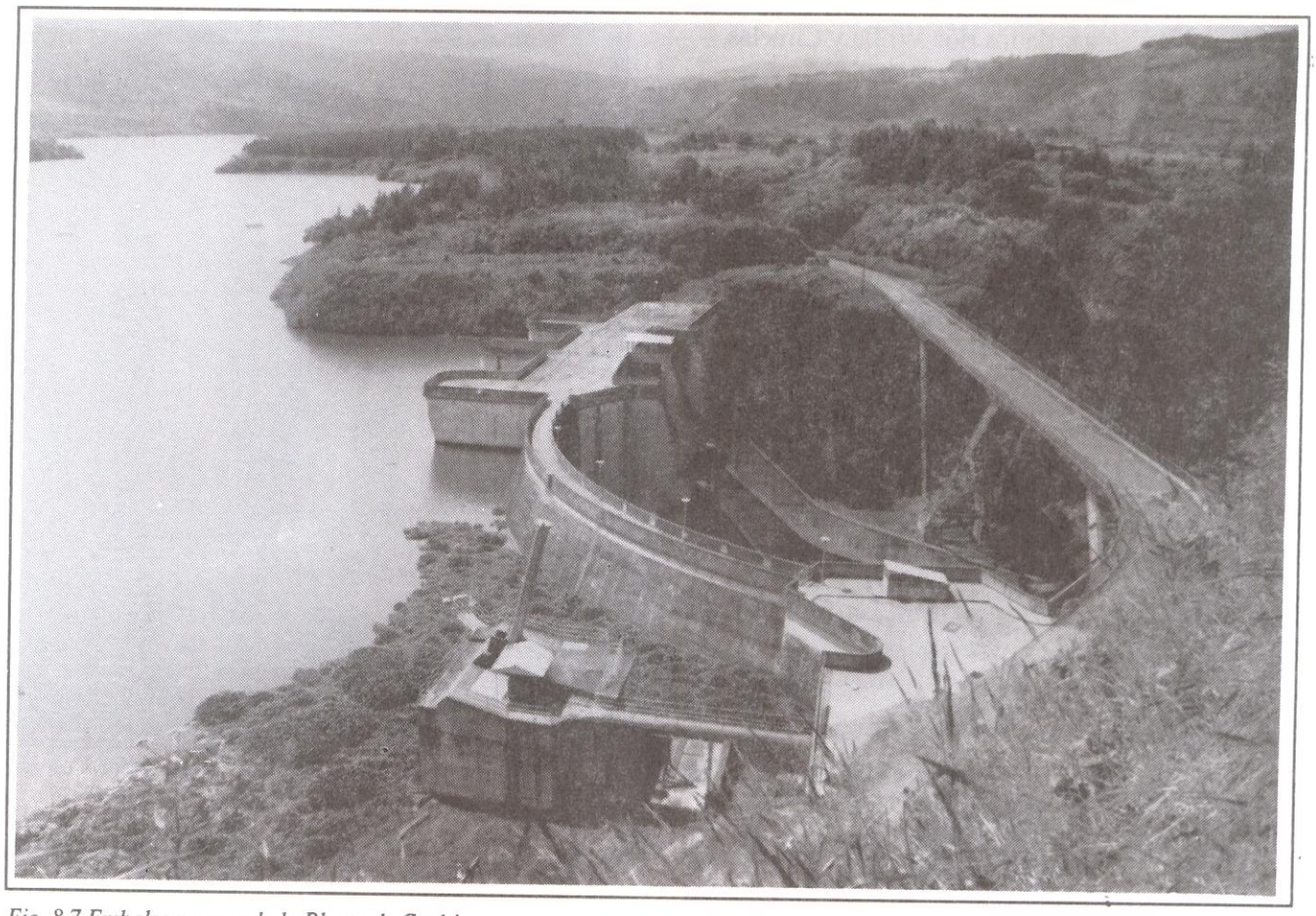


Fig. 8.7 Embalse y presa de la Planta de Cachí.

Proyecto Hidroeléctrico Tapantí, el cual permitió incrementar la capacidad instalada de Río Macho de 60000 KW en 1972, aprovechando las aguas de los ríos Grande de Tapantí, Porras, Humo y Villegas.

Entre 1976 y 1978, se realizaron las ampliaciones Río Macho III y la de Cachí, que permitieron incrementar las capacidades de ambas plantas, de 90000 KW a 120000 KW y de 64000 a 100800 KW respectivamente.

El 9 de diciembre de 1979 se inauguró la Planta Hidroeléctrica Arenal, la I fase del Desarrollo Hidroeléctrico de Arenal. El proyecto Hidroeléctrico Arenal se inició en 1974; transformó notoriamente las condiciones sociales y geográficas de la región de La Laguna de Arenal, ya que debido a la formación del gran lago artificial fue imperativo reubicar las poblaciones de Tronadora y Arenal, proceso único en la historia del país, que ha tenido un gran éxito.

La Planta Arenal aprovecha las aguas del Embalse Arenal, el cual capta los ríos Arenal, Aguas Gatas, Caño y Chiquito y otros de menor importancia. Su generación básica se realiza en las estaciones secas. La potencia es de 157 398 KW.

La II fase o Proyecto Hidroeléctrico Corobicí se construyó entre febrero de 1979 y junio de 1983, aunque su entrada en operación fue posible el 20 de marzo de 1982. Aprovecha las misma aguas empleadas en Arenal, más un pequeño aporte del río Santa Rosa. Su potencia es de 174 012 KW, lo que la convierte en la de mayor capacidad instalada en el Sistema Nacional Interconectado.

Las aguas libres de Corobicí pasan al sitio de Presa Magdalena, rebautizada "Presa Ing. Miguel Pablo Dengo Obregón", para ser usadas luego en el Proyecto de Riego Arenal-Tempisque, de innegable importancia para la provincia guanacasteca y el país.

Otro proyecto del ICE es el Proyecto Hidroeléctrico Ventanas-Garita, el cual entró en generación durante la segunda mitad de 1987. Tiene dos unidades con una potencia conjunta de 95 850 KW

y aprovecha las aguas de los ríos Virilla y Ciruelas.

Además de las plantas citadas, el ICE cuenta con cuatro plantas hidroeléctricas menores: la de Cacao, en Alajuela, con una potencia de 672 KW; y tres en las cercanías de San Diego de La Unión, Cartago, llamadas Los Lotes, Avance y Puerto Escondido, con 374,240 y 184 KW de potencia, respectivamente.

Asimismo, existen cuatro plantas termoeléctricas de gran capacidad: San Antonio I, de tipo vapor, de 10000 KW de capacidad; San Antonio II, de tipo gas, de 38100 KW; Barranca, de tipo gas, de 41600 KW, y Moín, de motor de combustión interna, de 32000 KW.

8.4 EL SISTEMA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES:

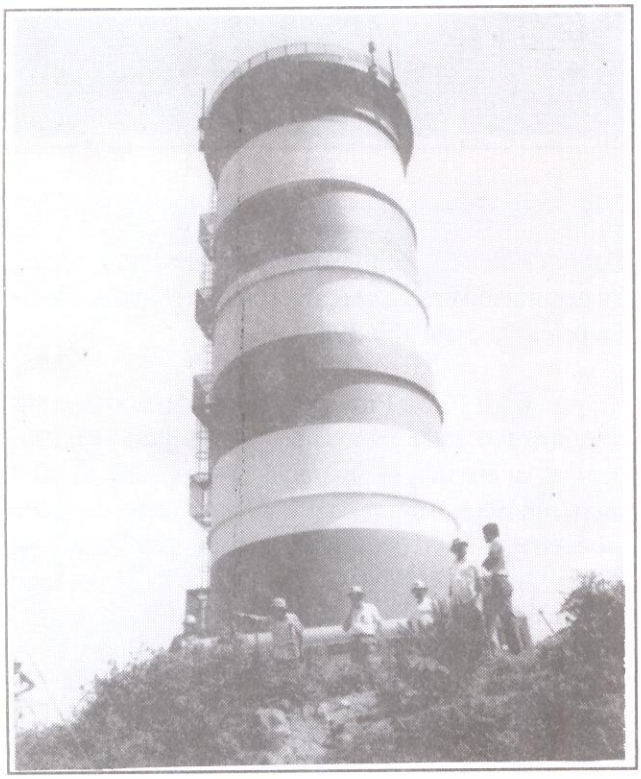


Fig. 8.9 Tanque de oscilación de la Planta Ventanas-Garita.

Introducción:

El 28 de octubre de 1963, la ley Nº 3226 confirió al ICE un nuevo objetivo: el establecimiento, mejoramiento y operación de los servicios de comunicaciones telefónicas del país.

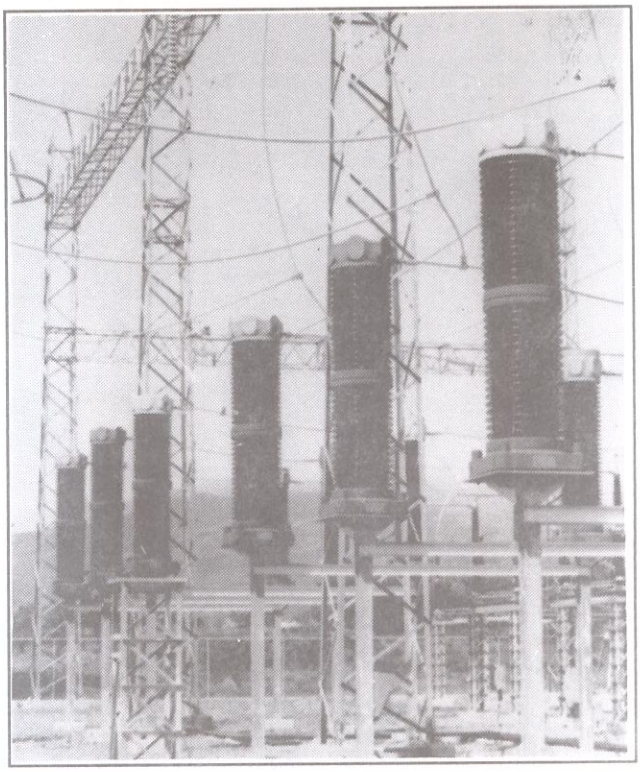


Fig. 8.10 Subestación La Caja.

El panorama de este campo antes de esa fecha era caótico, ya que existía un sistema telefónico manual con alrededor de 10000 abonados en la región central del país, vale decir, San José, Heredia, Alajuela y Cartago, y algunos otros servicios aislados en el resto del país.

El sistema controlado por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz se hallaba obsoleto, tras la acumulación de años sin experimentar innovaciones, ni siquiera las ampliaciones necesarias para satisfacer el crecimiento del mercado.

A principios de 1962, el Instituto creó una sección telefónica, que efectuó el primer estudio de factibilidad para el desarrollo de las telecomunicaciones en Costa Rica.

Las primeras centrales telefónicas automáticas, Escazú, Santa Ana, San José y San Pedro, comenzaron sus operaciones en 1966. Desde entonces, las telecomunicaciones se ha desarrollado en cinco etapas sucesivas, hasta alcanzar, en diciembre de 1985, una capacidad de 250 038 líneas que sitúan a nuestro país entre las naciones de mayor avance telefónico, con una densidad de 11,6 (Nº de aparatos por cada 100 habitantes), uno de los mejores índices latinoamericanos.

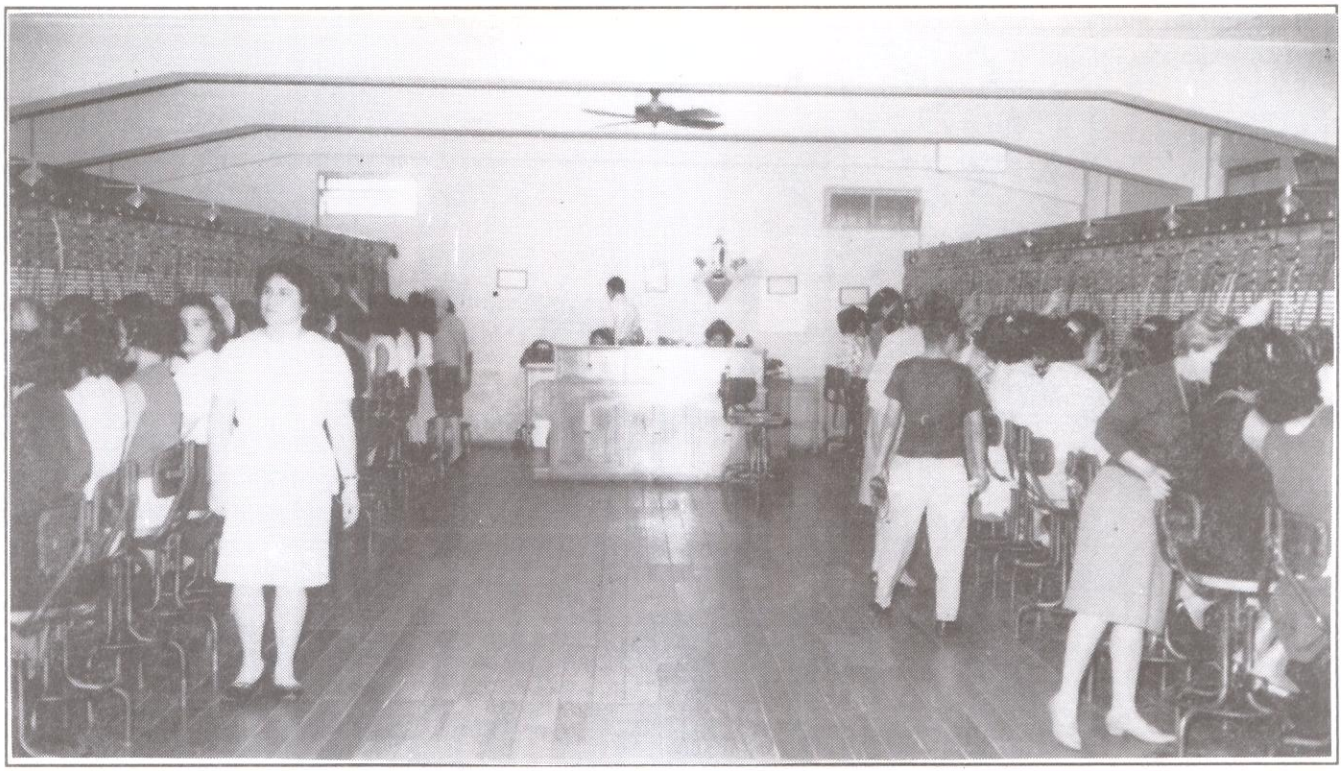


Fig. 8.11 Sala de operaciones de la antigua central telefónica de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz.

I Etapa: 1963-1970:

La prioridad en esta etapa fue descongestionar la central manual de San José y luego introducir el sistema automático. La instalación de pequeños concentradores de capacidad entre 400 y 1000 líneas en lugares como Santa Ana, Escazú, San Isidro de Coronado y otros pueblos pequeños, redujo notoriamente el volumen inmanejable del tráfico atendido por la ya saturada central de San José; ello mejoró la calidad del servicio en el Area Metropolitana.

Lo más sobresaliente de esta etapa fue la introducción de la marcación directa de abonado, al iniciar operación las centrales automáticas de San José, de 17 600 líneas y San Pedro, de 7 000 líneas, que constituyen el núcleo del Sistema Nacional de Telecomunicaciones.

Los servicios se extendieron gradualmente a las cabeceras de provincia, incluyendo los puertos de Puntarenas y Limón.

Las centrales empleadas en estos casos variaban de 800 a 2000 líneas.

Al final de esta I etapa se incluyeron ciudades menores como Grecia, Naranjo y Turrialba, con centrales de 200 a 500 líneas. En total había 24 centrales.

Esta etapa representa una de las más importantes del esquema de desarrollo de las telecomunicaciones, ya que determina su punto de partida e introduce una nueva tecnología en el país.

II Etapa: 1970-1974:

Básicamente fue una proyección de lo anterior, ya que un alto porcentaje de las líneas nuevas instaladas se usaron para ampliar las centrales de aquella etapa.

El sistema experimentó los primeros avances al integrar nueve centrales más a la red, ubicadas en distintas localidades.

Además, se llevaron a cabo los primeros movimientos de expansión hacia las áreas rurales, al instalarse 100 teléfonos públicos administrados en lugares cuidadosamente seleccionados. En 1971 se inauguró la Red Centroamericana de Microondas, la cual permite el enlace de los paises del istmo entre sí y con México y Panamá, mediante 33 estaciones repetidoras.

El 1974 se instaló la central télex electrónica,

Fig. 8.12 Edificio de telecomunicaciones y central telefónica de San Pedro.

con una capacidad inicial de 720 terminaciones, lo que permitió sustituir el sistema manual.

III Etapa: 1973-1977:

Durante esta etapa se construyeron 21 centrales nuevas en localidades alejadas de los principales centros urbanos y se amplió la capacidad de 15 centrales de las dos primeras etapas.

Con las obras de esta y las etapas precedentes fue posible dar el servicio telefónico a un gran porcentaje de la población costarricense, lo que promovió directamente el desarrollo económico en las comunidades servidas, dada la minimización de costos que las actividades comerciales, industriales, etc., obtienen mediante en uso del teléfono.

La telefonía rural mostró un incremento sustancial en el número de teléfonos públicos administrados, al pasar de 100 a 400 unidades instaladas en todo el país.

En el ámbito de las telecomunicaciones internacionales se obtuvo un gran avance al entrar en funcionamiento el Sistema de Marcación Internacional Directa de Abonado (MIDA) en 1973, por medio de la Central Internacional de San Pedro, con una capacidad inicial de 600 circuitos, que unen a Costa Rica con Estados Unidos y Canadá.

IV Etapa: 1974-1979:

Esta etapa se traslapa casi totalmente con la anterior, debido -principalmente- a un crecimiento exponencial del mercado telefónico.

Se construyeron 35 nuevas centrales de las que 27 se encuentra en zonas rurales. Se ejecutaron 32 ampliaciones y se instalaron casi 100 teléfonos rurales (administrados).

La central télex se amplió en 480 terminales en 1976 y en 480 más en 1978, con lo que la capacidad, al finalizar esta etapa, era de 1680 terminaciones. La central internacional se aumentó en 400 circuitos, y se alcanzó así un total de 1000 circuitos para tráfico internacional.

Durante esta etapa se completaron las pruebas necesarias para poner en operación un novedoso sistema radiotelefónico automático a bordo de vehículos automotores, llamado Movitel.

V Etapa: 1979-1985:

Al finalizar esta etapa fueron construídas 53 nuevas centrales; 60 centrales existentes fueron ampliadas; se suman, entre ambas actividades, un total de 85668 nuevas líneas, de las que 63200 se utilizarán para telefonía rural.

Se instalaron 490 teléfonos rurales y se dio servicio a 800 centros productivos rurales mediante radioenlaces.

Esta etapa incluyó la II etapa de la Red Regional de Telefonía Internacional, en la que se amplió la capacidad de la Central Internacional en 600 circuitos, se instalaron mesas para operadoras y se amplió el edificio de la central.

En el campo de la telefonía rural, se instalaron 8800 líneas de centrales rurales.

VI Etapa: 1985-1988:

En esta etapa se incluyen obras de gran importancia, entre las que podemos citar:

a. Instalación de 45 000 líneas digitales para ampliar las centrales más importantes del Area Metropolitana.

b. Establecimiento de un centro de tránsito en la ciudad de Puntarenas, para cursar el tráfico telefónico de la Zona Norte.

Fig. 8.13 Agencia y central telefónica de Cañas.

c. La interconexión de las centrales digitales.

d. La ampliación del Sistema Interurbano de Larga Distancia, incluidos los equipos de planta externa necesarios.

e. La instalación de una central internacional adicional, con 1200 circuitos inicialmente, construidos en 1986.

f. La ampliación de la Red Interurbana de Microondas, la que interconecta las principales centrales del país.

Generalidades:

1. Redes locales:

Las redes locales en Costa Rica fueron diseñadas con base en los modelos europeos; compuestos de redes flexibles para las comunidades más grandes. Consisten en cables primarios que se extienden de la central a las cajas intermedias conectadas con cables secundarios que pasan por las cajas de dispersión y rematan en las instalaciones de los abonados telefónicos.

Para las comunicaciones más pequeñas fue adoptado el sistema rígido, con cables telefónicos conectados directamente de las centrales a las cajas de dispersión y de éstas, por cable caído al suscriptor.

Para su red externa, el ICE tiene un sistema híbrido, con una mezcla de prácticas de diseños europeos más flexibles y prácticas de construcción más económicas.

2. Redes de larga distancia:

Las redes de larga distancia en Costa Rica consisten en sistemas de microondas de 960 canales que cruzan del país de frontera a frontera.

Tanto el sistema nacional como el regional centroamericano de microondas usan las mismas rutas y torres; sólo difieren en el uso de las antenas.

Aparte de la ruta principal que enlaza ambas fronteras, hay otros que están orientados

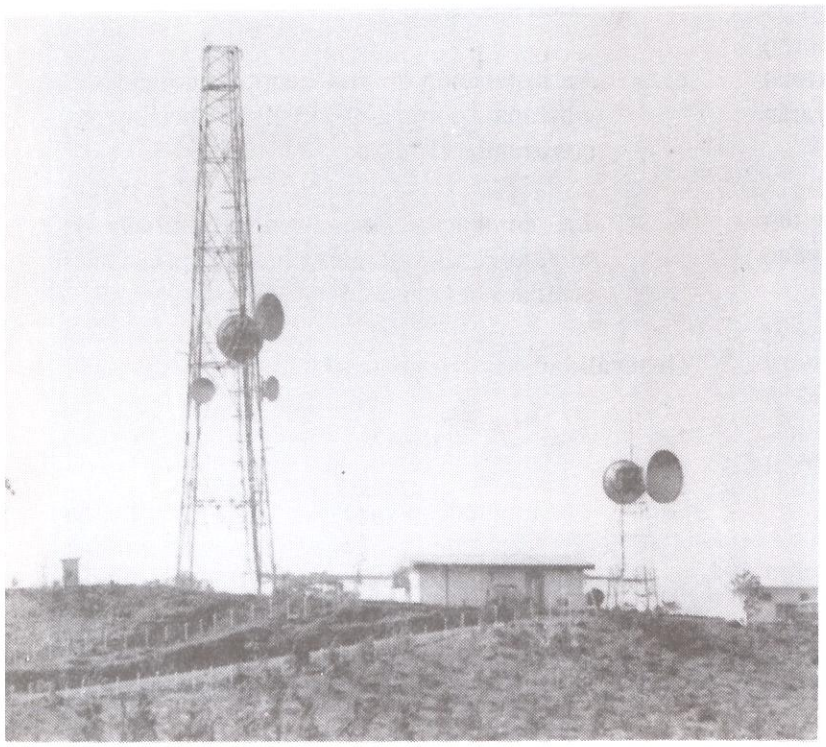


Fig. 8.14 Estación repetidora de microondas.

de este a oeste para suministrar comunicaciones a lugares en las regiones del Atlántico y del Pacífico.

Un sistema de microondas de 300 canales, que utiliza las mismas torres de otros sistemas nacionales, enlaza algunos pueblos importantes con la red nacional.

Finalmente, hay varios sistemas de transmisión para uso de los abonados rurales que residen en comunidades pequeñas o que trabajan en complejos agroindustriales remotos con requerimientos de tráfico telefónico alto.

3. *Télex:*

La Red Centroamericana de Microondas fue inaugurada en diciembre de 1971 por la Comisión Técnica Regional de Telecomunicaciones de Centro América (COMTELCA). Consiste en un sistema de microondas de 960 canales, con 1300 km de longitud y 33 estaciones repetidoras, que se extienden desde Panamá hasta México.

La actual central internacional entró en operación a fines de 1973, con una capacidad inicial de 600 circuitos, que permitió el servicio de la marcación internacional directa de abonado (MIDA). Costa Rica fue el primer país latinoamericano que tuvo este servicio a los Estados Unidos y Canadá. Este servicio automático fue extendido luego a México, América Central y finalmente a Europa, Israel, el Caribe, Japón, Australia y otros países.

En 1976 la capacidad de la Central Internacional fue aumentada a 1000 circuitos; y en 1980 a 1200.

4.

El tráfico telefónico internacional tuvo un ritmo de crecimiento firme de 40% por año, en el período 1965-1973. En 1974, al establecer el servicio MIDA, el crecimiento fue de 80%. Desde ese año el ritmo de crecimiento se ha establecido en 20% anual.

El tráfico telefónico anual originado en el país fue de 300 000 minutos en 1965; en 1970 fue de 1500 000; en 1982 alcanzó 12,23 millones de minutos y en 1984 alcanzó los 14,6 millones.

Para atender eficientemente el tráfico internacional cada vez mayor, tanto en la actualidad como durante los años venideros, el ICE puso en operación la Estación Terrena de Tarbaca, en 1981. Su capacidad inicial es de 300 circuitos telefónicos, de los cuales hay 144 en funcionamiento.

La estación brinda servicios de telefonía, télex, telegrafía, fascímil, transmisión de datos y televisión.

Hasta 1964 el servicio de télex en Costa Rica era manual y el número de suscriptores era limitado. A principios de 1974 se instaló una central telefónica con una capacidad inicial de 720 terminaciones. Esta central procesa todo el tráfico nacional.

Debido a la creciente demanda, la capacidad fue aumentada a 1200 terminaciones en 1976; a 2016, en 1980; y al 31 de diciembre

de 1985 dicha capacidad era de 2.516 terminaciones. El total de abonados es de 1534. Para tráfico internacional, la central está interconectada con las empresas ETCC, ITT, RCA, WUI y WUTCO en los Estados Unidos y con circuitos directos a Argentina, Brasil, Canadá, Centroamérica, México, Panamá, Perú y nueve naciones europeas.

Se introdujo un equipo del tipo de división multiplex que dio un mejor rendimiento a costo inferior y se adquirieron los primeros teleimpresores electrónicos. El servicio Télex está creciendo a un ritmo de 30% anual.

4. *Telefonía rural:*

En 1982 dio inicio un nuevo servicio: teléfonos para centros productivos rurales, el cual usa equipos de radio de acceso múltiple con estaciones base ubicadas en diferentes repetidoras del sistema nacional y las instalaciones de los equipos terminales en las propiedades de los abonados.

De esta forma se integran al Sistema Nacional de telecomunicaciones, centros productivos tales como asentamientos campesinos, fincas agropecuarias, aserraderos, industrias rurales, centros turísticos, etc., habiéndose instalado un total de 233 hasta diciembre de 1984.

Este servicio es de bajo costo y hace uso de tecnología moderna para mantener los costos en operación lo más bajo posible.

El servicio telefónico rural se ha venido extendiendo en una forma tal que permite hacerlo disponible a la gran mayoría de los habitantes del área rural.

5. *Sistema Movitel:*

Durante el período 1974-1978 se experimentó con un sistema radiotelefónico móvil que fue la base del actual sistema Movitel. Este se puso a prueba entre diciembre de 1978 y junio de 1979, fecha en que entró oficialmente en servicio.

En estos momentos hay 150 unidades instaladas; este sistema automático abarca alrededor del 70% del territorio nacional.

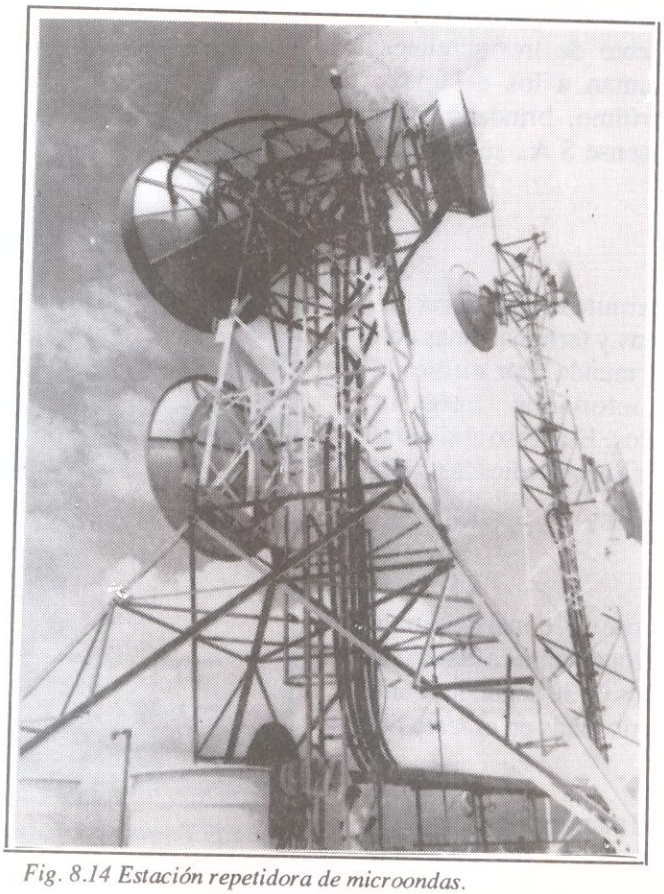


Fig. 8.14 Estación repetidora de microondas.

La central Movitel controlada por computador, está ubicada en el edificio de la Central de San Pedro.

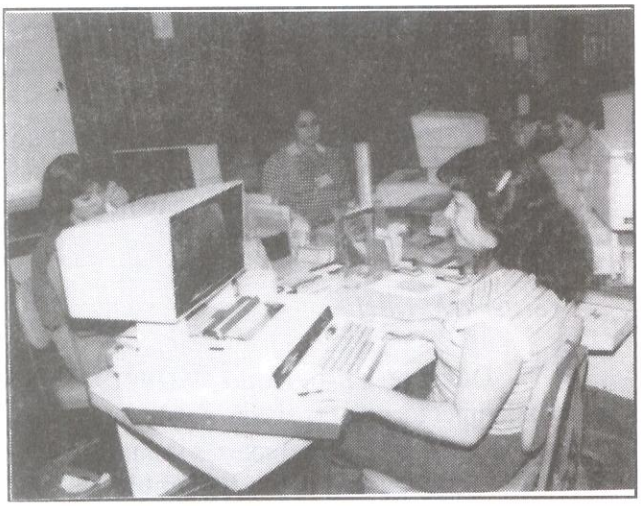


Fig. 8.16 Sala de operadoras de Télex de RACSA.

6. Red de Transmisión de Datos, Facsímiles y Canales Arrendados:

La gran demanda de facilidades para la transmisión de datos por parte de la banca, industria, dependencias e instituciones gubernamentales y empresas privadas, dio origen al establecimiento de tres servicios novedosos que se suman a los de télex, telegrafía y radiomarítimo, brindados por Radiográfica Costarricense S.A., subsidiaria del ICE.

a. Datel:

El centro Datel permite la comunicación entre computadoras y terminaciones con varios países del mundo, por medio de canales acondicionados para la transmisión de datos. El acceso al sistema puede hacerse por líneas dedicadas o por llamadas telefónicas.

b. Facsímile:

El servicio facsímile consiste en la reproducción de documentos a distancia; se realiza en menos de 30 segundos entre nuestro país y varios más en el resto del mundo.

Es de gran utilidad para aquellas empresas que deseen reproducir originales de documentos, tales como los de embarque, ordenes de compra, cheques, facturas, documentos legales, planos o diagramas de ingeniería, etc., en otros países o recibirlos en Costa Rica en el menor tiempo posible.

c. Canales arrendados:

Este servicio permite la comunicación escrita por medio de teleimpresores, entre dos o más oficinas ubicadas en diferentes localidades, en nivel nacional o internacional.

7. Densidad telefónica:

El sistema telefónico de Costa Rica ha crecido firmemente con un ritmo del 18% anual, de 1966 a 1977. La densidad telefónica del país ha aumentado de 1,5 teléfonos por 100 habitantes en 1965, a 3,1 en 1970; 8,8, en 1979 y, finalmente, de 11,6, en 1985, uno de los índices de desarrollo socio-económico más altos a nivel latinoamericano.

Fig. 8.17 Teléfono público en Cuidad Neily.

8.5 PREGUNTAS PROPUESTAS:

1. ¿Cuáles son las principales empresas generadoras de energía eléctrica en Costa Rica ?

2. ¿Qué dice el Decreto-Ley Nº 449 del 8 de abril de 1949, con respecto al ICE?

3. ¿En dónde fue instalada la primera planta generadora de electricidad de nuestro país y debido al esfuerzo de qué persona?

4. ¿Cómo se llamó la empresa eléctrica que formó el empresario norteamericano Minor C. Keith, y qué capacidad tenía instalada?

5. ¿En qué año y qué empresa eléctrica construyó la planta Eléctrica y con qué capacidad instalada?

6. El embalse Arenal de la Planta Hidroeléctrica de Arenal capta los caudales de que ríos?

7. ¿Cuál nuevo objetivo le confirió al ICE la Ley Nº 3226 del 28 de octubre de 1963?

8. ¿Cuál fue la prioridad de la Primera Etapa de las Telecomunicaciones en nuestro país?

9. ¿Cuáles fueron los logros de la Quinta Etapa de las Telecomunicaciones en Costa Rica?

UNIDAD IX

INSTRUMENTOS DE MEDICION

En esta unidad se estudia el uso, lectura y funcionamiento de los siguientes instrumentos de medición: voltímetro, multi-probador, ohmiómetro, electropinza, vatiohorámetro.

9.1 INTRODUCCION:

Las pruebas y las mediciones son importantes procedimientos, necesarios en los trabajos de identificacción de descomposturas y en la reparación y mantenimiento de diferentes clases de equipos. Estos procedimientos nos permiten "**mirar dentro**" de los circuitos para comprobar si están conectados y si operan con exactitud.

Cualquiera que esté interesado en el funcionamiento de los artefactos eléctricos debe saber cómo efectuar mediciones de la cantidad de electricidad que posee un circuito. Estas informaciones son fundamentales para conocer el comportamiento de los electrones en un circuito. Los instrumentos de prueba actúan como los "ojos" del operario, con los cuales puede ver qué es lo que ocurre en un circuito.

9.2 MEDIDORES ELECTRICOS:

La electricidad no se puede ver, sin embargo, se pueden medir magnitudes eléctricas tales como: **intensidad, fuerza electromotriz y resistencia,** por medio de instrumentos conocidos como medidores; éstos, y otros "ojos de la industria", son herramientas muy útiles en los trabajos de la electricidad. Se les emplea durante la fabricación, operación y reparación de todo tipo de equipos eléctricos y electrónicos.

9.2.1 ¿COMO FUNCIONA UN MEDIDOR?:

Un medidor es en realidad un pequeño motor eléctrico que hace que un indicador o una aguja se mueva. La amplitud del desplazamiento del indicador depende de la cantidad de corriente que pase por el circuito del medidor. Aún cuando el indicador se mueve a causa del paso de una corriente, la escala o carátula del medidor puede **calibrarse**, de tal manera que indique el valor de otras magnitudes eléctricas como son la f.e.m. o la resistencia.

El desplazamiento del indicador se denomina **movimiento del medidor.** En los medidores más comunes se utiliza un **imán permanente con embobinado movible;** en otros medidores, se instala un imán permanente dentro de una bobina (Fig. 9.1) que está montada en una pivote y, así puede girar libremente. El indicador queda sujeto a esta bobina, la cual está controlada por un pequeño resorte, de tal manera que el indicador marque la posición de cero en la escala cuando el medidor no esté en uso. Los extremos de la bobina movible están conectados a las terminales del medidor.

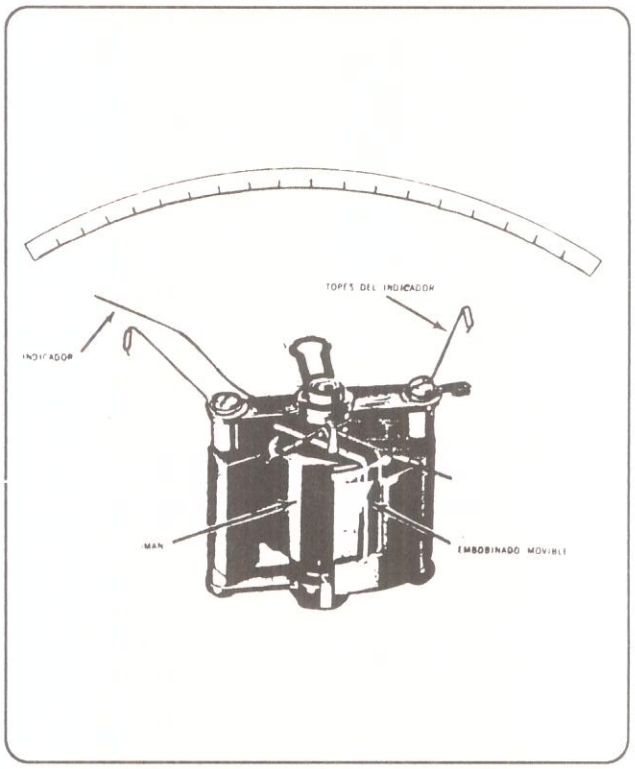


Fig. 9.1 Desplazamiento del indicador del medidor de imán permanente con embobinado movible.

Cuando fluye una corriente por la bobina se crea un electroimán cuyos polos son atraídos por los polos del imán permanente. Esto provoca el movimiento de la bobina y el desplazamiento del indicador. A la intensidad de la corriente necesaria para que el indicador se mueva hasta su máxima lectura en la escala del medidor, se le denomina **escala total de corriente de deflexión.**

9.3 MEDICION DE LA CORRIENTE ELECTRICA:

El amperímetro es el instrumento utilizado para determinar la cantidad de corriente en amperios, o en fracciones de amperio (Fig. 9.2). El galvanómetro es un amperímetro que se utiliza para medir intensidades de corrientes muy pequeñas. Por lo regular se le emplea en trabajos experimentales y de laboratorio (Fig. 9.3).

9.3.1 CONEXIONES:

El **amperímetro** siempre se conecta en serie

en el circuito cuya intensidad de corriente se pretende medir (Fig. 9.4). Si el medidor se conecta ambos alambres del circuito se puede dañar muy seriamente. Los amperímetros, y todos los demás medidores de electricidad, son instrumentos muy delicados y deben manejarse siempre con mucho cuidado.

9.3.2 CAPACIDAD DE MEDICION:

Todo amperímetro se fabrica de tal manera que sea capaz de medir hasta una determinada cantidad de corriente. A esto se le denomina **capacidad** del medidor. Si es de 0-2 amperios, por ejemplo, nunca se le debe conectar a un circuito mayor de dos amperios, pues **se puede "quemar" su bobina.**

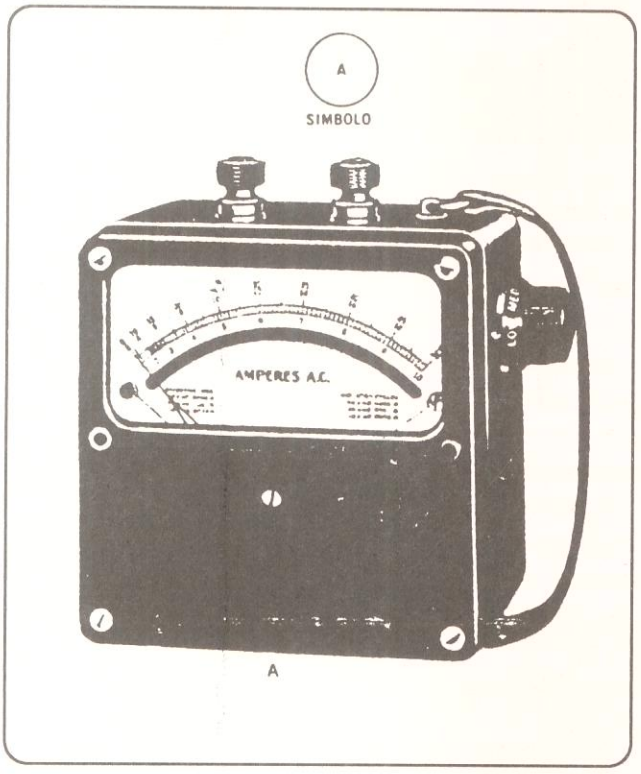


Fig. 9.2 Amperímetro.

9.3.3 DISPOSITIVOS DE PROTECCION:

Para evitar sobrecargar un amperímetro, se puede conectar un fusible a una de sus terminales (Fig. 9.5). La capacidad de este fusible, expresada en amperios, nunca debe ser mayor que el valor total de la escala mayor del medidor para esa corriente mayor.

9.3.4 MEDICIONES DE CORRIENTE ALTERNA Y DE CORRIENTE DIRECTA:

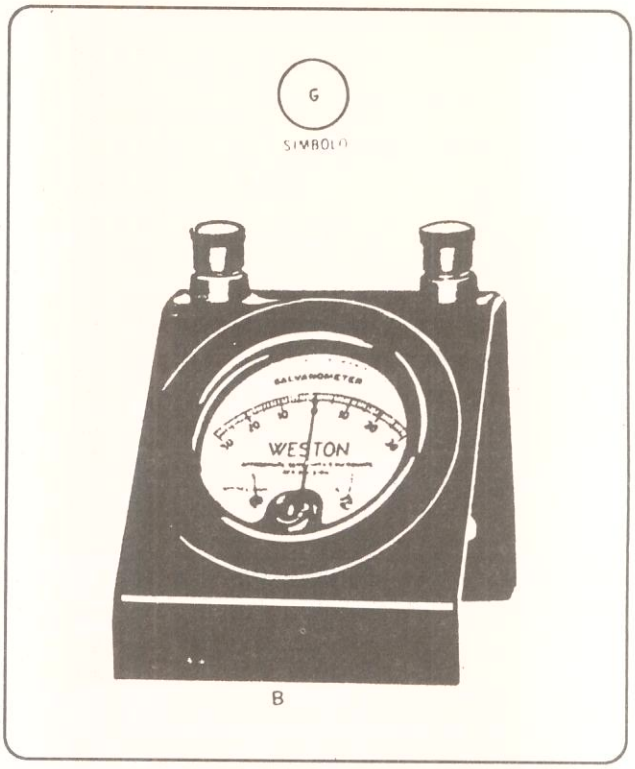


Fig. 9.3 Galvanómetro.

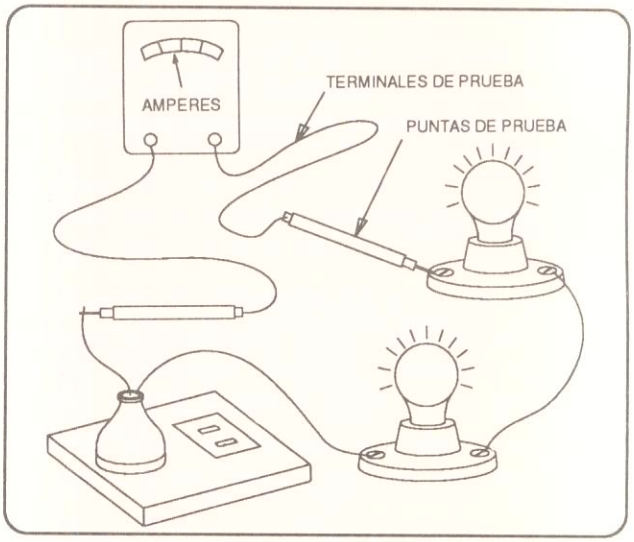


Fig 9.4 El amperímetro siempre se conecta en serie con uno de los alambres del circuito.

Algunos amperímetros se utilizan para medir intensidades de corriente directa. Un amperímetro para medir corriente directa es un instrumento polarizado, o sea, que sus terminales positivas deben quedar conectadas a la parte positiva de un circuito, y su terminal negativa debe conectarse a la porción negativa del circuito.

Si el medidor se conecta con polaridad opuesta

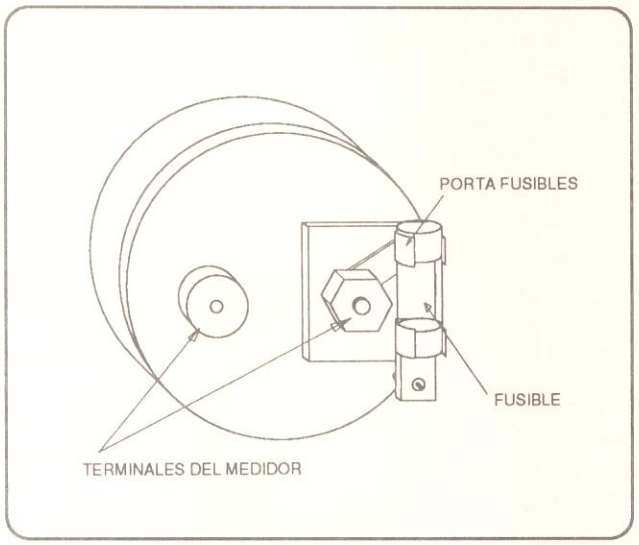


Fig. 9.5 Para proteger al amperímetro de sobrecargas, se conecta un fusible a una de sus terminales.

(terminal positiva con negativa y terminal negativa con positiva), su indicador se desplazará en la dirección contraria a la de medición, y se puede dañar el instrumento. Esto se corrige invirtiendo las conexiones en el circuito que se va a probar.

Cuando utilice un amperímetro, o cualquier otra clase de medidor, asegúrese de que sus manos **sólo toquen la parte aislada de las puntas de prueba del medidor.**

9.3.5 LECTURAS:

La escala de **0-2 amperios** del amperímetro, mostrado en la figura 9.6-A está calibrada en cuatro divisiones principales. A su vez, cada una de ella está subdividida en diez partes. El valor de cada división principal es de 0,5 amperios; el de cada subdivisión es, por consiguiente, de 0,5/10; o sea 0,05 amperios.

En la figura 9.6-B, la escala de **0,5 amperios** está calibrada en cinco divisiones principales, cada una de las cuales queda subdividida en diez partes. El valor de cada división principal es de un amperio; y el de cada subdivisión es de 1/10, o sea 0,1 amperio.

9.4 MEDICION DE LA FUERZA ELECTROMOTRIZ:

El **voltímetro** (Fig. 9.7) es el instrumento utilizado para medir la fuerza electromotriz (diferencia de potencial o voltaje) en voltios. En su forma más simple, consiste esencialmente en un **amperímetro** y

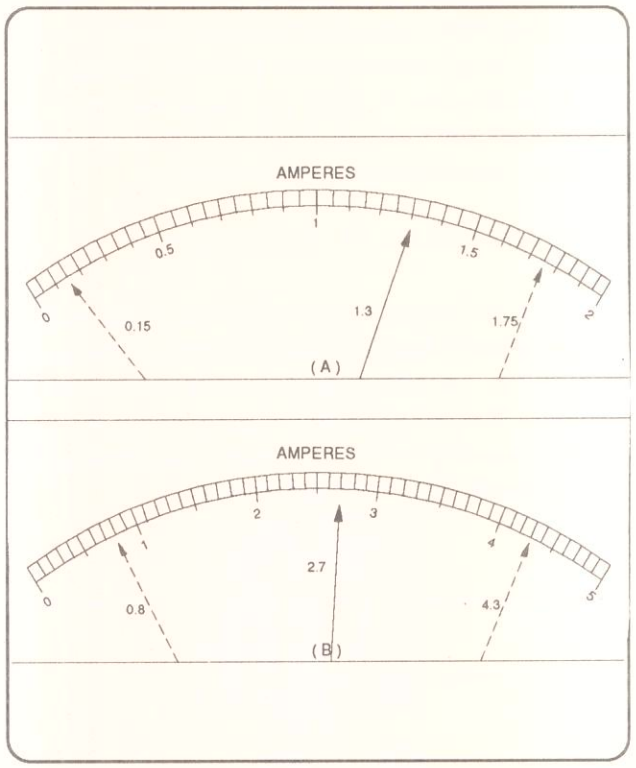


Fig. 9.6 Escala de 0-2 amperios y de 0-5 amperios; indica diferentes mediciones.

un **resistor**, conectados en serie con una bobina del medidor. Cuando éste se conecta a una fuente de voltaje, la corriente pasa a través de la bobina del amperímetro, y por el resistor. La intensidad de esta corriente depende del valor de su voltaje y de la resistencia que oponga el resistor. Aunque el indicador del medidor se desplace a causa de la corriente, la escala del medidor está calibrada para indicar los valores de voltaje que produjeron dicha corriente.

9.4.1 EL CIRCUITO:

En la figura 9.8, la escala total de la corriente de deflexión del medidor es de 0,001 amperios. La resistencia es de 10.000 ohmios. La capacidad de lectura del medidor se puede calcular por medio de la Ley de Ohm (véase unidad VI), es decir, que tiene una capacidad de (0,001) . (10.000)= 10 voltios. Esto significa que si el voltímetro se conecta a un voltaje de 10 voltios, recibirá suficiente corriente para que el indicador marque el máximo de la escala.

Si el voltímetro se conecta a un voltaje de 5 voltios, el indicador se desplazará hasta el centro de la escala.

Utilizando un resistor de diferente valor, se

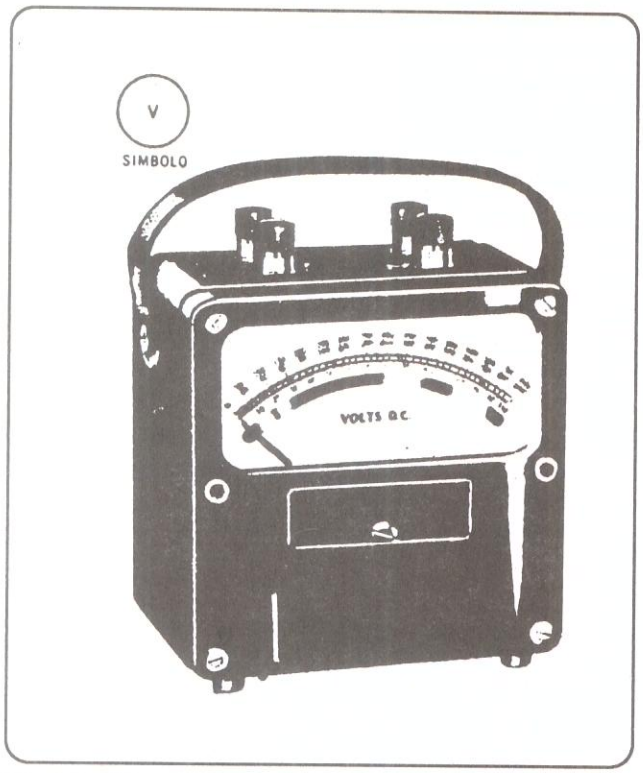


Fig. 9.7 voltímetro.

podría modificar fácilmente la capacidad de lectura del voltímetro. Si así se hiciere, sería necesario modificar también la carátula, o escala, para que indicase otros valores de voltaje.

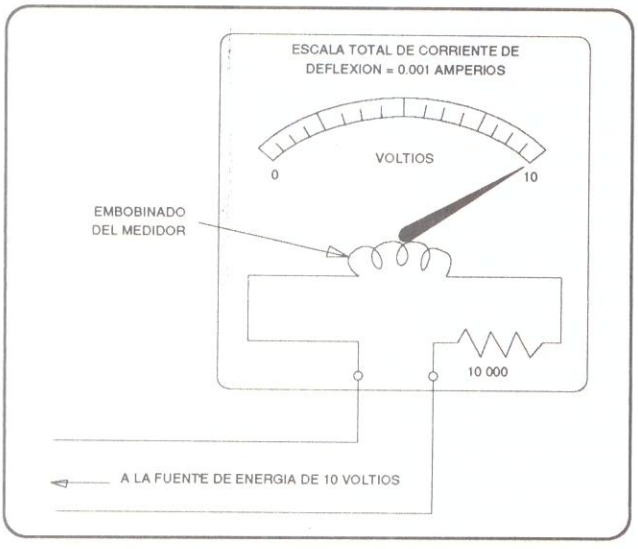


Fig. 9.8 Circuito básico de un voltímetro.

9.4.2 CONEXION:

El voltímetro se conecta a ambos polos de un circuito entre lo que se desea medir la diferencia de

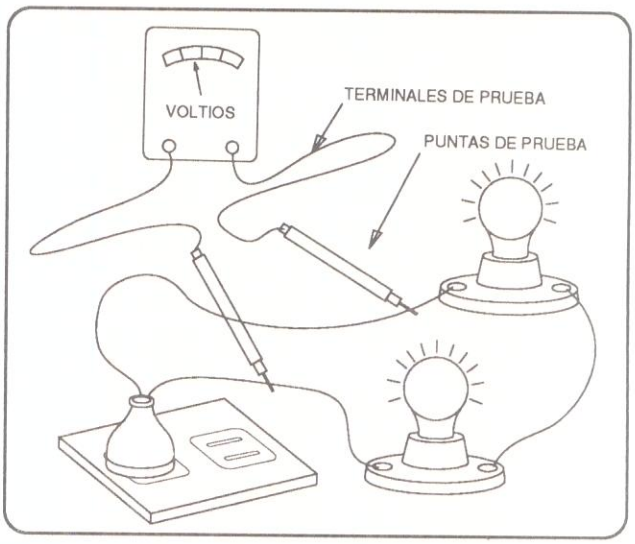


Fig. 9.9 El voltímetro se conecta a ambos polos de un circuito entre los cuales se pretende medir el voltaje; es decir, se debe conectar en paralelo.

potencial (Fig. 9.9). Un voltímetro para corriente directa debe conectarse a un circuito con la polaridad correcta; y en ningún caso se le debe conectar a circuitos con voltajes mayores de los de su capacidad de medición.

9.4.3 LECTURAS:

En la figura 9.10, se muestra la carátula de un voltímetro de triple escala. Cada escala está dividida en seis partes principales, cada una de las cuales, a su vez, está subdividida en diez partes.

El valor de cada división principal de la escala de 0-300 voltios es de 50 voltios. El calor de cada una de sus subdivisiones es de 50/10, o sea, de 5 voltios (Fig. 9.10-A).

El valor de cada división principal de la escala de 0-60 voltios es de 10 voltios. Cada subdivisión tiene un valor de 10/10, o sea, de un voltio (Fig. 9.10-B).

El valor de cada división principal de la escala de 0-12 voltios es de 2 voltios. El valor de cada subdivisión es de 2/10, o sea, de 0,2 voltios (Fig. 9.10-C).

9.5 MEDICION DE LA RESISTENCIA ELECTRICA:

Para medir la resistencia eléctrica de ohmios, se utiliza el ohmiómetro (Fig. 9.11). Para operar este

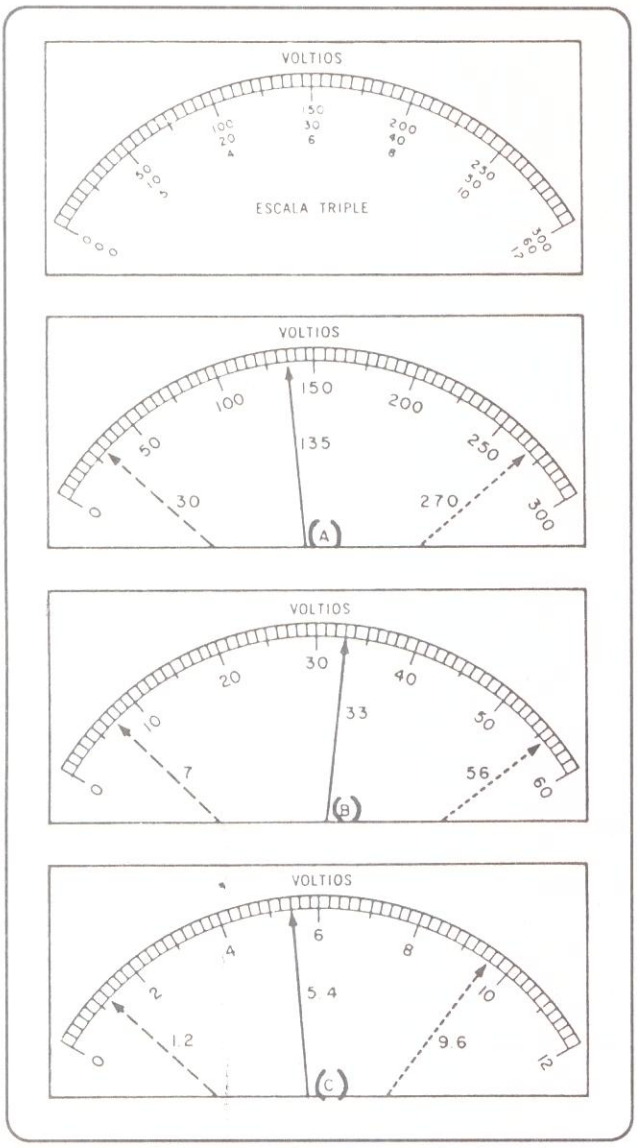


Fig. 9.10 Lectura de un voltímetro de triple escala.

equipo se utiliza una pila seca o una batería de pilas secas, como fuente de energía. Al conectar el medidor a un circuito, la corriente fluye a través de él con una intensidad que dependerá del voltaje de la pila seca o batería y de la resistencia del circuito. El indicador del medidor se desplaza hasta una posición que señala, en la escala del medidor, la intensidad de la resistencia del circuito.

9.5.1 EL CIRCUITO:

En la figura 9.12-A, se observa que una pila seca de 1,5 voltios se encuentra conectada en serie con un amperímetro que posee una escala total de corriente de deflexión de 0,001 amperios y con un resistor de 1500 ohmios. Cuando las puntas de prueba del medidor se tocan entre sí, el indicador se desplaza hacia la derecha en toda la extensión de la escala. Esto sucede porque, de acuerdo con la Ley de Ohm, I=E/R, o sea, 1,5/1.500 = 0.001 amperios.

Como las puntas de prueba no se encuentran conectadas a un circuito, no existe resitencia susceptible de medirse; en consecuencia, el extremo derecho de la escala está marcado con el valor de cero. Es de observarse que el movimiento de las agujas y la escala son opuestas al de las escalas de un amperímetro y de un voltímetro.

Cuando el ohmiómetro se conecta a un circuito que posee una resistencia de 1.500 ohmios, su indicador

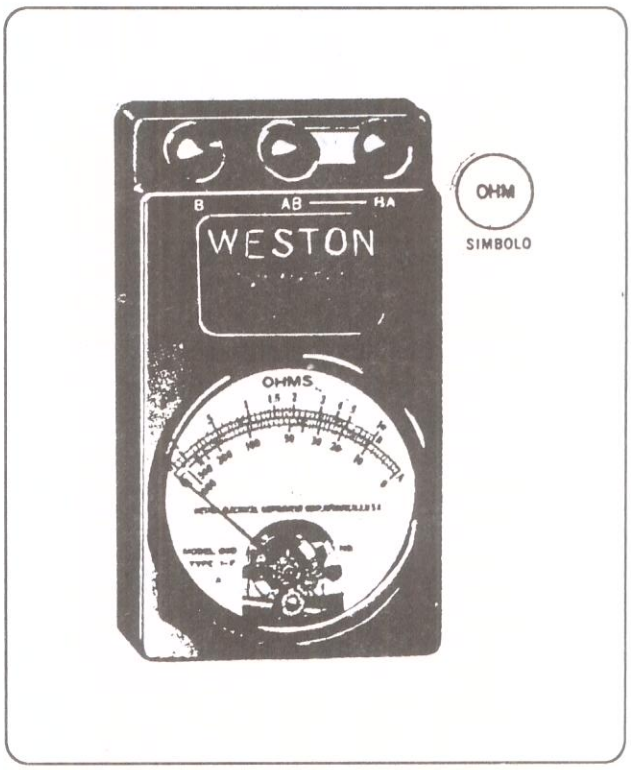


Fig. 9.11 El ohmiómetro u ohmímetro.

se desplaza hasta el punto medio de la escala del medidor (Fig. 9.12-B).

La resistencia total del medidor y del circuito externo es ahora 3.000 ohmios; I-E/R, o sea, 1,5/3.000 = 0,0005 amperios; es decir, la intensidad de la corriente equivale a la mitad de la escala total de corriente de deflexión del amperímetro. Por consiguiente, el punto medio de la escala del medidor deberá quedar marcado en el valor de 1.500 ohmios.

Al aumentar el valor de la resistencia que se está midiendo, el indicador se desplaza,

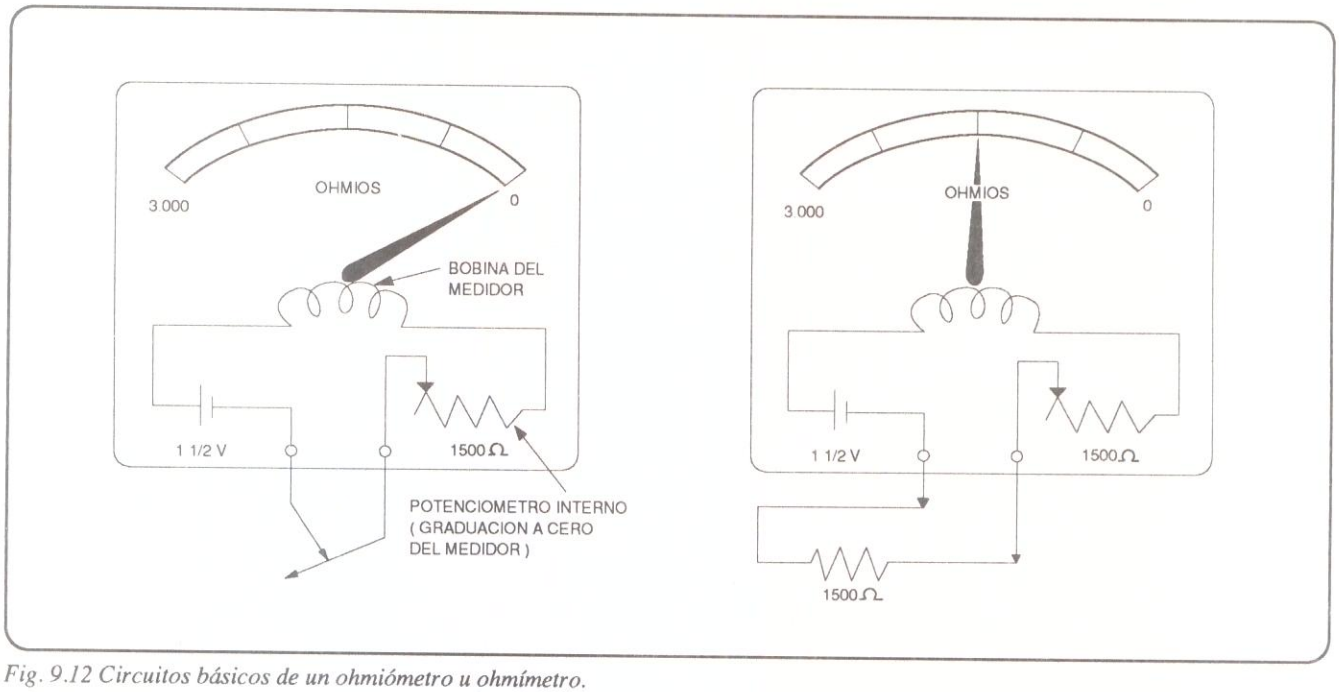


Fig. 9.12 Circuitos básicos de un ohmiómetro u ohmímetro.

proporcionalmente, hacia la derecha. Cada posición del indicador puede marcarse en la escala del medidor para indicar el calor de la resistencia. En los ohmiómetros que se utilizan en la práctica, se emplean pilas, baterías y varios resistores con el objeto de obtener diferentes amplitudes de medición de la resistencia.

9.5.2 EMPLEO DEL MEDIDOR:

Cuando el ohmiómetro se conecta a los extremos del circuito (Fig. 9.13), el medidor siempre debe graduarse "**a cero**" antes de efectuar la medición. Esto se realiza conectando entre sí las puntas de pruebas y moviendo el potenciómetro (**aparato que consiste en una resistencia variable**), o accionando el botón de ajuste del reostato (**instrumento para hacer variar la intensidad en un circuito**), hasta que el indicador señale la posición de cero.

Cuando emplee un ohmiómetro, asegúrese de que el circuito, cuya resistencia se desea conocer no tenga corriente.

Si el circuito se encuentra conectado a la fuente de corriente, aunque ésta sea de voltaje muy bajo, el medidor puede dañarse seriamente. **El medidor debe permanecer desconectado siempre que no esté en uso.**

9.5.3 LECTURAS:

La graduación de la escala de un ohmiómetro no es uniforme (Fig. 9.13-A). Para efectuar las lecturas, se divide el valor de cada graduación principal entre el número de subdivisiones que tenga, y se establece así el valor de cada una de éstas.

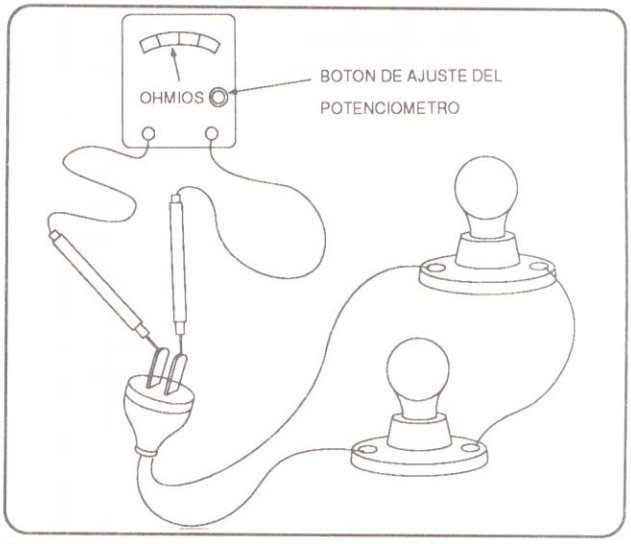


Fig. 9.13 El ohmiómetro se debe conectar a las terminales del circuito que se está probando.

9.6 INSTRUMENTOS DE DOBLE MEDICION:

Algunos medidores eléctricos se emplean para efectuar mediciones de más de una magnitud eléctrica;

entre ellos, se pueden mencionar el multi-probador de tipo voltio-ohmio, el voltímetro de tubos al vacío y el medidor de abrazadera.

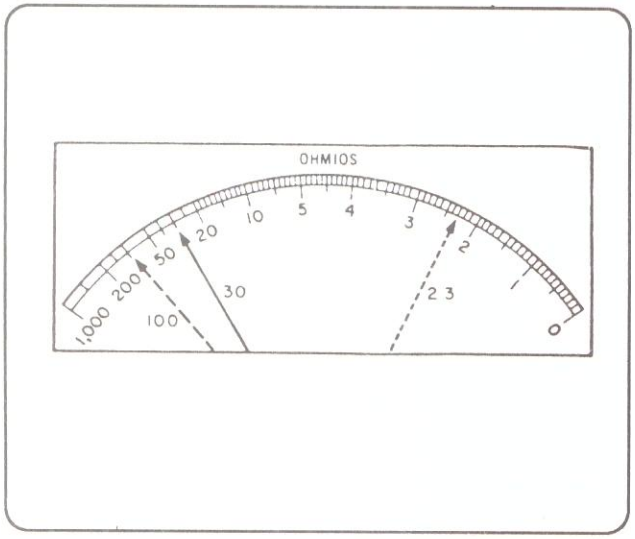


Fig. 9.13-A Escala de un ohmiómetro. El indicado aparece en tres posiciones diferentes.

9.6.1 EL MULTI-PROBADOR DE TIPO VOLTIO-OHMIO:

Este instrumento, ilustrado en la Fig. 9.14, conocido también como multímetro, es una combinación de voltímetro, ohmiómetro y amperímetro. Está diseñado de tal manera que se pueda utilizar cualquiera de estos medidores, accionando el interruptor-selector a la posición adecuada.

Aún cuando existan diferentes clases de multi-tester de tipo voltio-ohmio, todos ellos operan, fundamentalmente, de manera similar. Antes de intentar utilizar un medidor de este tipo debemos conocer las instrucciones para su operación. Cuando se usa un multi-probador de tipo voltio-ohmio, deben observarse las mismas indicaciones generales recomendadas para el empleo de un voltímetro, un ohmiómetro o un amperímetro. Como cualquier otra clase de medidor, estos instrumentos sólo prestan un servicio adecuado y preciso cuando se les maneja en forma apropiada.

9.6.2 EL VOLTIMETRO DE TUBOS AL VACIO:

En la Fig. 9.15, se muestra este instrumento, el cual puede emplearse para medir voltajes y resistencias. Dado que este medidor emplea tubos electrónicos en su operación, debe conectársele a una toma de corriente de 110 voltios. El voltímetro de tubos al vacío tiene la ventaja de lograr mediciones mucho más precisas que el multi-probador de tipo voltio-ohmio, y por ello,

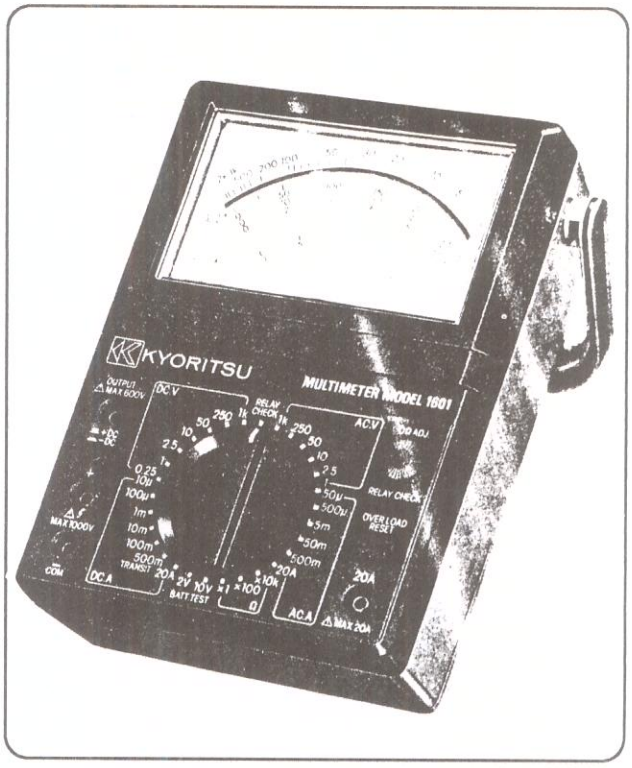


Fig. 9.14 El multi-tester de tipo voltio-ohmio.

frecuentemente se le emplea en trabajos de taller y de laboratorio en los que se precisa de mediciones muy exactas.

9.6.3 EL MEDIDOR DE ABRAZADERA O ELECTROPINZA:

Para emplear este tipo de voltio-amperímetro de corriente directa o alterna, se abren sus quijadas para encerrar entre ellas uno de los alambres del circuito que se pretende medir (Fig. 9.16). Al hacerlo, el campo magnético que rodea al alambre induce un voltaje dentro del circuito del medidor, dicho voltaje se aplica a la bobina de este aparato. La corriente inducida provoca el desplazamiento del indicador en forma similar a la de los medidores ordinarios.

Por lo general, estos medidores se utilizan para medir voltajes y corrientes muy altas. Son apropiadas para este fin, ya que no es necesario desconectar los alambres del circuito para efectuar las mediciones.

9.7 MEDICION DE LA ENERGIA ELECTRICA:

La energía eléctrica por unidad de tiempo

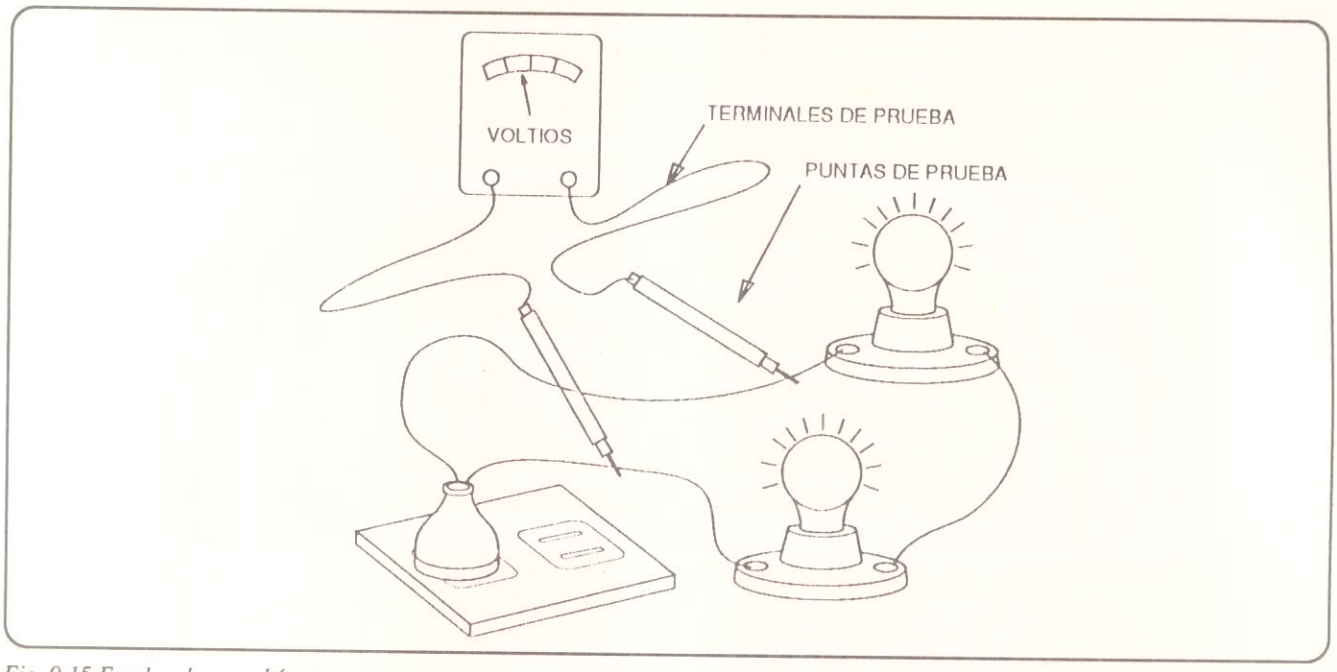


Fig. 9.15 Empleo de un voltímetro

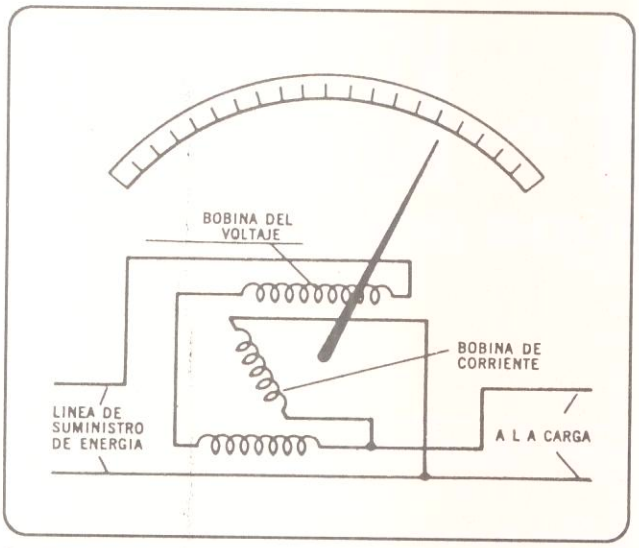


Fig. 9.16.

(potencia) expresada en vatios o watts se mide con el vatiómetro o vatímetro. Este medidor, que es una combinación de amperímetros y voltímetro, efectúa el trabajo de medición multiplicando el valor de la corriente por el voltaje de un circuito. En un vatiómetro se utilizan dos bobinas diferentes; una de ellas es la bobina de la corriente, que se encuentra conectada en serie con uno de los alambres del circuito; y la otra es la bobina del voltaje, que se encuentra conectada entre ambos alambres del circuito (Fig. 9.17).

La acción eléctrica de estas bobinas produce un desplazamiento del indicador del medidor igual al producto de la corriente del circuito y el voltaje. Este producto, o sea la potencia del circuito expresada en vatios, queda definida por la posición del indicador de la escala del medidor.

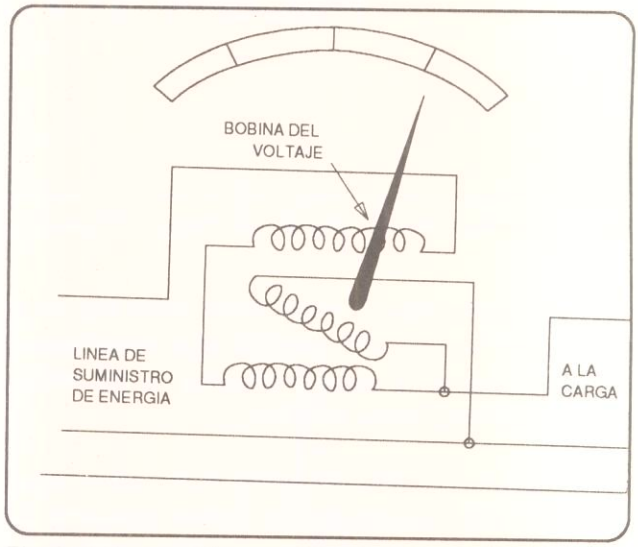


Fig. 9.17 En un vatiómetro el desplazamiento del indicador es provocado por la acción de dos bobinas diferentes.

9.7.1 EL MEDIDOR DE VATIO-HORAS (WATT-HORAS) O VATIHORAMETRO:

La cantidad de energía eléctrica que se consume en los hogares, escuelas, fábricas y otros edificios durante cualquier período de tiempo, se determina

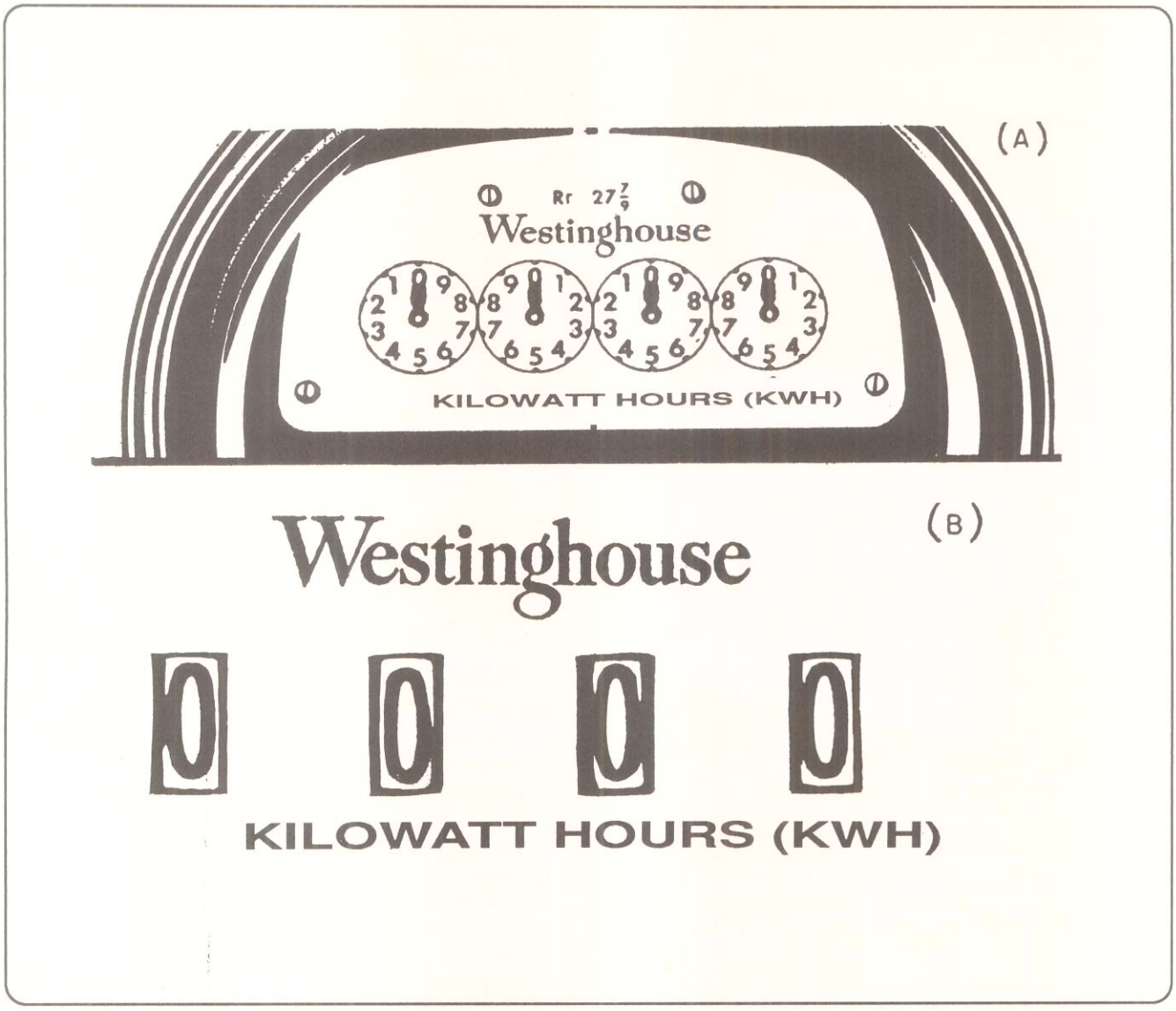


Fig. 9.18 Carátulas de medidores de vatio-horas: (A)Tipo de cuatro cuadrantes; (B)Tipo ciclómetro, de lectura directa.

mediante un medidor de vatio-horas. En la Fig. 9.18, se muestran dos tipos diferentes de estos instrumentos, los cuales miden la energía eléctrica en kilovatios-horas o kilowatts-horas (KWH).

La energía de un kilovatio-hora equivale a mil vatios de potencia consumidos durante una hora. La Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A., utiliza esta unidad como base, para calcular lo que tendremos que pagar por concepto de la energía eléctrica que consumimos.

9.7.2 EL COSTO DEL CONSUMO DE LA ENERGIA ELECTRICA:

Por sí sola, la lectura del medidor de vatio-horas no tiene significado puesto que no presenta la cantidad de energía eléctrica consumida durante un período de tiempo. Adquiere significado sólo cuando se le compara con la lectura del medidor, efectuada en cualquier otra fecha .

Como ejemplo, supóngase que la lectura del medidor fue de 1 690 KWH de 11 de octubre de 1988. El 10 de setiembre de 1988, la lectura de este mismo medidor fue de 1 314 KWH. La cantidad de energía eléctrica consumida durante el mes de cobro (en este caso octubre de 1988), es de 1690-1314 = 376 KWH. Suponiendo que el costo por KWH fuera de ¢ 3,075, el cobro por el consumo de energía eléctrica, durante el mes de octubre por este factor, sería de 376 x 3,075 = ¢ 1.156,20.

9.7.3 FORMULA PARA EL CALCULO DE KILOWATT-HORAS:

La cantidad de kilovatio-horas, consumida por algún artefacto eléctrico durante determinado período, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{KILOVATIO-HORAS} = \frac{(\text{Vatiaje del aparato eléctrico}) \times (\text{Horas de operación})}{1000}$$

o

$$KWH = \frac{PxH}{1000}$$

en dónde:

KWH= Kilowatt-horas.
P=Potencia expresada en watt.
H= Horas de operación del artefacto eléctrico.

Si a la fórmula anterior incorporamos el precio de KWH, obtenemos el costo total del consumo de energía eléctrica del artefacto eléctrico, así:

$$CKWH = \frac{PxHxC}{1000}$$

en dónde:

CKWH= Costo total, en colones de los kilowatt-horas.
P= Potencia expresada en watt del artefacto eléctrico.
H= Horas de operación del aparato eléctrico.
C= Precio por kilowatts-hora.

9.8 PREGUNTAS PROPUESTAS:

1. ¿Cómo funciona un medidor?
2. ¿Qué es un amperímetro?
3. ¿Qué es un galvanómetro?
4. ¿Cómo se conecta el amperímetro al circuito cuya intensidad se pretende medir? Dibuje un esquema de esa conexión.
5. ¿A qué se llama capacidad de medición, del amperímetro?
6. ¿Qué dispositivo de protección se utiliza en el amperímetro?
7. Explique la diferencia (s) existente (s) entre un amperímetro para medir corriente alterna y otro para medir corriente directa.
8. ¿Qué es un voltímetro?
9. ¿Cómo se conecta el voltímetro al circuito cuyo voltaje se pretende medir?
10. ¿Qué es un ohmiómetro?
11. ¿Cómo se conecta el ohmiómetro al circuito cuya resistencia desea medirse? Dibuje un esquema de esa conexión.
12. ¿Qué es un multi-tester o multímetro?
13. ¿Qué es un voltímetro de tubos al vacío?
14. ¿Qué es un medidor de abrazadera o electropinza?
15. ¿Qué es un vatiómetro? Explique.
16. ¿Para qué se usa el medidor de vatio-horas?
17. Indique cuáles dos tipos de vatihorámetros usa comúnmente la Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A. Explique.
18. Indique la fórmula utilizada para el cálculo de la cantidad de kilowatt-horas consumida por algún artefacto durante un determinado período de tiempo.
19. Indique la fórmula utilizada para el cálculo del costo total del consumo de energía eléctrica (en KWH) de un artefacto eléctrico.
20. ¿Cuál sería el costo de operación de una lámpara de 100 watt que permanece iluminada durante 20 horas? Considere el KWH a ¢ 3,075.

    R/. ¢ 6.15
21. ¿Cuál sería el costo de operación de un televisor de 150 watt durante 180 horas? Considere el KWH a ¢ 3,075.

    R/. ¢83.05
22. ¿Cuál sería el costo de operación de una plancha de 1.500 watt durante 20 horas? Considere el KWH a ¢ 3,075.

    R/. ¢ 92.25

UNIDAD X

CONSUMO RACIONAL DE LA ENERGIA ELECTRICA Y SU IMPORTANCIA

En esta unidad se estudiará la manera de calcular el consumo de energía eléctrica. Se dan consejos muy útiles sobre el uso de diferentes artefactos eléctricos.

10.1 INTRODUCCION:

El bienestar de los costarricenses de esta y las próximas generaciones depende, en gran medida, de la actitud que asumamos hoy frente al consumo de la energía eléctrica. Si deseamos disfrutar un nivel de vida satisfactorio, estamos obligados a actuar con prudencia en el uso de los recursos que el país pone a nuestra disposición.

En nuestro país, el trabajador promedio sólo tiene que gastar el 3% de sus ingresos mensuales para el pago de 250 kilovatios por hora de electricidad; en cambio, en otros países cercanos al nuestro, esa proporción llega hasta el 24%.

La comodidad y las facilidades que nos proporciona la energía eléctrica son disfrutadas cada vez por más costarricenses, tanto a lo largo como a lo ancho del país.

Todos los costarricenses debemos colaborar para usar "racionalmente" la energía eléctrica, atendiendo los consejos que, a ese respecto, ha divulgado el Instituto Costarricense de Electricidad.

10.2 ¿COMO CALCULAR EL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN EL HOGAR?:

10.2.1 ¿COMO LEER EL MEDIDOR ELECTRICO DE NUESTRAS CASAS?:

La mayoría de los medidores que emplea el ICE para calcular la energía consumida por sus abonados es del tipo ciclométrico, de cuatro o cinco cifras (también muy usado el medidor tipo cuatro cuadrantes). Su modo de indicar la lectura es similar al usado por el mercado del kilometraje recorrido por un automóvil (véase Fig. 9.18, unidad IX).

El valor resultante lo multiplica por la tarifa correspondiente y emite un recibo, el cual debe cancelar el abonado, antes de la fecha de vencimiento. Leer el medidor de energía eléctrica (del tipo de cuatro cuadrantes), es sumamente fácil. Debemos tener en cuenta ciertas reglas básicas, que enumeramos a continuación:

1. El medidor eléctrico de su hogar tiene cuatro carátulas (Fig. 10.1) que indican su consumo de energía eléctrica, medido en kilowatt-horas o kilovatio-horas.

2. Cada carátula tiene una manecilla que se mueve en el sentido indicado por la flecha.

3. Cuando la manecilla está entre dos números, se toma siempre al menor de ellos para hacer la lectura correcta.

4. En la figura 10.1 las carátulas indican una lectura de 1875 kilovatios-horas (KWH).

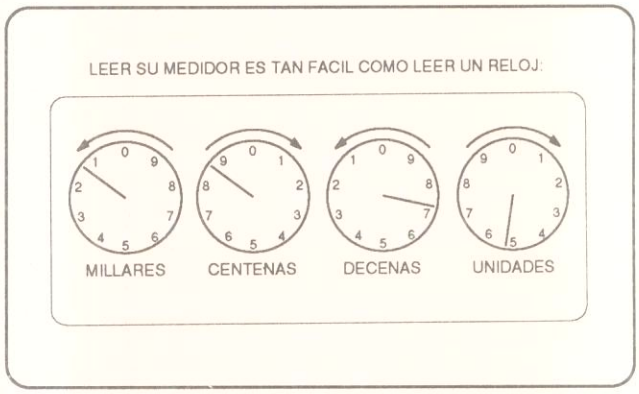


Fig. 10.1 Medidor eléctrico de cuatro carátulas.

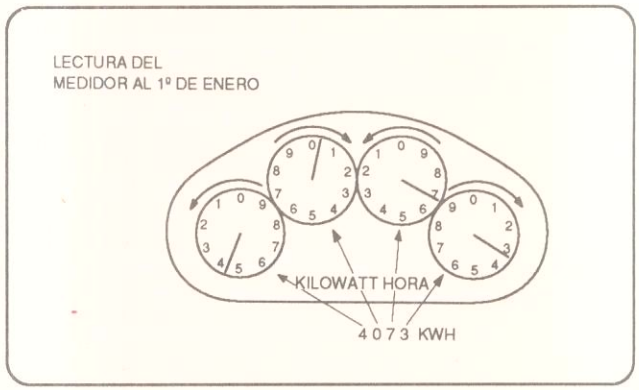


Fig. 10.2 Lectura del medidor al 1º de enero.

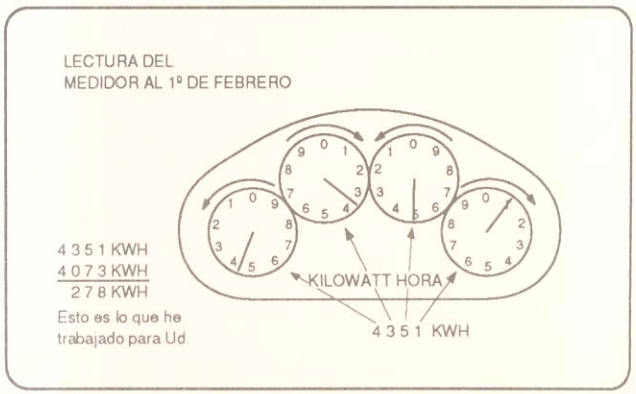


Fig. 10.3 Lectura del medidor al 1º de febrero.

10.3 CONSEJOS PARA EL USO RACIONAL DE LA ENERGIA ELECTRICA EN EL HOGAR:

10.3.1 INTRODUCCION:

A partir de 1900, la población humana y por ende el consumo energético han tenido un crecimiento sostenido sin que se vislumbre a corto plazo un cambio en esta situación.

La energía eléctrica es un componente importante dentro del consumo energético total del país ya que el 92 por ciento de la población dispone de electricidad en sus casas.

La creciente deuda externa y las estrictas condiciones de los organismos financieros internacionales obstaculizan la construcción de nuevos proyectos que se requieren para atender el aumento en la demanda de electricidad.

Usar la electricidad en forma racional es usarla con inteligencia para obtener el máximo beneficio. Esto implica evitar el desperdicio de energía que equivale a despilfarrar recursos que el país podría invertir en otros sectores.

La energía eléctrica es indispensable en la vida cotidiana, es una fuente inagotable de comodidades que proporciona entretenimiento, facilita su trabajo, agiliza sus trámites, impulsa el desarrollo del país, lo acerca a sus seres queridos y hace más placenteras y cómodas las actividades del hogar.

Con un pequeño esfuerzo de su parte y siguiendo los consejos que se brindan a continuación se pueden obtener ahorros importantes de energía eléctrica y retardar así, algunas de las grandes inversiones previstas para los próximos años.

10.3.2 AHORRE ELECTRICIDAD AL COCINAR:

1. Utilice discos de espiral en su cocina ya que son más eficientes, calientan más rápido y reducen las pérdidas de calor. Si su cocina tiene discos sólidos puede transformarla a espirales conforme cada calentador se vaya dañando.

2. Las ollas o recipientes deben ser del tamaño del disco.

   Los recipientes con una superficie mayor que la del disco o espiral alargan el período de cocción ya que las zonas que no están en contacto con el disco deben esperar más tiempo del normal para que les llegue calor.

   Por otro lado, tampoco se justifica el uso de ollas pequeñas en discos muy grandes ya que se producen pérdidas de energía en forma de calor no aprovechable y se reduce la vida útil del disco.

3. Los utensilios como ollas, cafeteras, sartenes, comales y otros deben tener el fondo grueso, de alta conducción térmica, y completamente plano, de manera que el contacto con el calentador sea total y no queden espacios con aire entre utensilio y calentador.

4. Seque los recipientes antes de colocarlos sobre el disco o la espiral caliente, de esta forma, evita que los discos se agrieten por el enfriamiento brusco que se provoca.

5. Utilice ollas de acero inoxidable para cocinar sus alimentos. Estas ollas presentan varias ventajas: calientan muy rápido, conservan mejor el calor a temperaturas medias o bajas, no se deforman con el uso y no desprenden partículas que afectan la salud.

6. Aproveche al máximo el calor residual de la cocina. Apague los discos o reduzca su intensidad unos minutos antes de que la comida esté preparada.

   Los alimentos que contienen gran cantidad de líquido como sopas, verduras y atoles, una vez que hierven, pueden terminar de cocinarse en temperaturas mínimas si el recipiente es de buena calidad y se mantiene tapado.

7. Utilice al máximo la olla de presión u "olla mágica" para cocinar: frijoles, carne y pollo sudados, verduras, olla de carne, garbanzos, lentejas, arroz y otros.

8. Hierva el agua en una cafetera con tapa y preferiblemente con silbido de aviso.

9. Haga café solo en las mañanas. El café sobrante guárdelo inmediatamente en un termo. En la tarde podrá tomarlo sin que haya perdido su aroma y temperatura inicial.

10. Use el horno de microondas para calentar porciones pequeñas de alimentos para un máximo de 4 personas. Considere el "calentamiento lento" en ollas de acero inoxidable y en cocina de calentadores de espiral para una cantidad mayor.

11. Cuando utilice el horno tenga en cuenta las siguientes recomendaciones:

    - Precalientelo solo cuando se indique y por el tiempo necesario para que adquiera el calor que se señala.

    - Evite abrir la puerta del horno innecesariamente. Si lo hace, que sea por el menor tiempo posible.

    - Hornee varios alimentos a la vez.

    - No lo utilice para cantidades muy pequeñas o para tostar un poco de pan; en este caso es preferible contar con un horno pequeño de tamaño justo para esa cantidad.

      Como opción para tostar el pan se recomienda ponerlo en una olla seca y limpia, la cual se coloca en un calentador de la cocina que aún mantiene calor residual.

    - Aproveche el calor residual del horno, apáguelo unos minutos antes de sacar los alimentos.

12. Haga el mayor número posible de comidas frías por semana, así ahora electricidad y beneficia su salud. Algunas sugerencias son: ensalada de frutas, de verduras variadas, de repollo y tomate, de repollo con atún, emparedados fríos y otros.

13. Descongele los alimentos naturalmente antes de empezar a cocinarlos.

14. Como opción a la cocina eléctrica y si tiene un patio con buena incidencia de sol puede usar un horno solar para cocinar los alimentos.

Si desea informarse sobre la construcción de este tipo de horno, contacte con la Sección Solar de la Universidad Nacional en Heredia, o analice la sección 4.9.5 de este libro.

10.3.3 AHORRE ELECTRICIDAD CON SU REFRIGERADORA:

1. Instale la refrigeradora en un lugar ventilado, a una distancia de 10 centímetro como mínimo de la pared.

2. Tenga en cuenta las siguientes recomendaciones para aumentar la eficiencia de su refrigeradora, facilitar la transferencia de calor al ambiente y reducir el consumo de electricidad:

    - No la coloque en cubículos cerrados o en muebles para que el calor del condensador no se encierre.

    - No utilice la parte trasera para secar paños, ropa o zapatos.

    - Las refrigeradoras deben colocarse lejos de artefactos que produzcan calor como cocinas eléctricas, de gas o de leña y lejos de ventanas donde entran los rayos del sol.

3. Revise que el empaque de la puerta esté en buenas condiciones. Para ello, utilice un papel y prenselo con al puerta de la refrigeradora. Si éste se sostiene sin deslizarse, los empaques están buenos. Si el papel no se sostiene o se remueve sin provocar fricción es porque los empaques no sellan bien o la puerta está mal alineada. Repita la prueba en varios puntos del empaque, separados aproximadamente 30 centímetros uno del otro.

4. Limpie el condensador situado detrás de la refrigeradora un mínimo de tres veces al año. Esto es muy sencillo si se emplea una escobilla o aspiradora y le permitirá un ahorro de electricidad pues la acumulación del polvo reduce el rendimiento de la refrigeradora y aumenta el uso de la energía eléctrica. Eso sí, tenga cuidado de no quemarse.

5. Desconecte la refrigeradora cuando el congelador tenga una capa de escarcha de 6 milímetros de espesor. La escarcha actúa como un aislante térmico y produce más gasto de electricidad.

6. Cuando salga por varios días, mantenga pocos alimentos en la refrigeradora. Si la ausencia va a ser prolongada, dejela vacía, desconectada y

limpia, con la puerta abierta para que no se formen hongos y bacterias.

7. La temperatura mínima requerida es de 5°C y la de su congelador de 0°C. Algunas refrigeradoras tienen un único control para nevera y congelador, generalmente a la temperatura de 5°C en la nevera corresponde una temperatura de -15°C en el congelador.

   La capacidad de enfriamiento de las refrigeradoras del país está regulada por un control termostático; utilice los niveles bajos de enfriamiento y aumentelo en los días más calientes. Un ajuste muy alto implica un mayor trabajo del compresor y por tanto, un mayor consumo eléctrico.

8. No abra la refrigeradora sin necesidad ni por períodos mayores a 10 segundos. Antes de cocinar, piense cuales productos refrigerados ocupará y extraígalos de una vez. Igualmente, después de las compras guarde a un tiempo todos los alimentos.

9. No refrigere productos que se pueden mantener a temperatura ambiente o que se consumirán al poco tiempo de comprados. Por ejemplo:

   - Leche de larga duración.
   - Salsas, mayonesas y latas que no se han abierto.
   - Carnes, pescados o verduras que se consumirán en menos de dos horas después de su compra.

10. Mantenga el congelador lo más lleno posible pues los alimentos congelados ayudan a conservar el frío. Si en un momento dado no tiene suficientes alimentos para poner en el congelador, llene con agua algunos recipientes e introdúzcalos en el mismo.

11. Guarde los líquidos en recipientes con tapa para que no entreguen humedad, ya que ésta tiende a depositarse en el congelador en forma de escarcha.

    Las verduras con alto contenido de agua y las frutas, que no tengan cáscara, deben ponerse en bolsitas plásticas y delgadas. Se recomienda limpiarlas y no mantenerlas por tiempo prolongado.

12. No meta comidas calientes en la refrigeradora. Los alimentos deben enfriarse primero en forma natural.

13. Desenvuelva los alimentos que tienen empaques de papel grueso o de cartón y guárdelos en bolsitas de plástico delgado.

14. La refrigeradora debe tener la capacidad exacta para las necesidades de su familia. En el momento de la compra, escoja el tamaño ideal, pues cuanto mayor sea el volumen, mayor es el consumo de electricidad.

10.3.4 AHORRE ELECTRICIDAD CON LA ILUMINACION:

1. Evite encender lámparas durante el día. Utilice al máximo la luz natural. De acuerdo con las posibilidades económicas, considere la construcción de patios de luz, tragaluces y nuevas ventanas en su hogar.

2. Pinte las paredes de su casa con colores de alta reflexión según se indica en la tabla adjunta. Prefiera los colores con un índice mayor de 70% y considere los lugares de máximo trabajo visual como: sala, cocina, sala de estudio, sala de costura, cuarto de pilas.

   Asimismo considere los colores claros para los pisos, el cielorraso, las puertas y para los muebles en general.

3. Si tiene varias lámparas de pocos vatios en un aposento, sustitúyalas por una sola de una potencia equivalente en vatios (watts). Por ejemplo, un bombillo de 50 vatios da mayor iluminación que dos bombillos de 25.

4. Use tubos fluorescentes en lugar de bombillos incandescentes. Los fluorescentes dan mejor resultado, duran aproximadamente 8 veces más y consumen menos energía; por ejemplo, una lámpara fluorescente circular de 22 vatios da igual iluminación que un bombillo incandescente de 100 vatios. Aunque el costo inicial de una lámpara fluorescente es más alto que el de

un bombillo incandescente, la inversión inicial se recupera por el ahorro en la electricidad y porque la vida útil de un fluorescente es más larga.

5. Establezca en su hogar la costumbre de apagar las luces que no ocupa. El estímulo de competencias caseras entre niños y adultos, además de divertido puede facilitar la educación en este aspecto.

6. Cuando le sea posible adquiera apagadores programables o de detección de infrarrojo para las luces de lugares menos frecuentados.

7. Las luces que se dejen prendidas en la noche deben ser de potencias menores a 50 vatios.

8. La iluminación debe ser adecuada a cada tipo de ambiente. Tanto la falta de iluminación como el exceso es perjudicial para la vista.

Ahorrar energía eléctrica no significa privarse de comodidades. Es hacer un uso conciente y racional de los recursos disponibles para nuestro bienestar.

Es invertir en el futuro para seguir gozando de las mismas ventajas que ahora tenemos.

Es reafirmar que somos un país conciente de los problemas nacionales.

Es por nuestro propio futuro.

10.4 PREGUNTAS PROPUESTAS:

1. Explique cómo se lee el medidor eléctrico (tipo cuatro carátulas) de su casa.

2. Mencione algunos aspectos que indican que su instalación eléctrica está defectuosa.

3. Mencione algunos consejos útiles con respecto al uso de:

   a. Su lavadora.
   b. Su cocina eléctrica.
   c. Su refrigeradora.
   ch. Su televisor.
   d. Su calentador de agua.
   e. Su abanico eléctrico.
   f. Sus luces.

4. Mediante una redacción, de un mínimo de diez líneas, exprese su propia opinión sobre el consumo racional de la energía eléctrica.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AFICHES SOBRE EL PROYECTO DE ARENAL. Instituto Costarricense de Electricidad.

AFICHES SOBRE EL PROYECTO DE MIRAVALLES. Instituto Costarricense de Electricidad.

Asociación de Profesores de Artes Industriales. ELECTRICIDAD BASICA Nº 2.

Buban, P. y Smith, M. INTRODUCCION A LA ELECTRICIDAD Y A LA ELECTRONICA. Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional (AID), Organización Editorial Novarro S.A., 1966.

Calvo Hernando, Manuel. INTRODUCCION A LA TECNOLOGIA. Ediciones Anaya S.A., Manuales de Orientación Universitaria, España, 1972.

CURSO BASICO DE ELECTRICIDAD PRACTICA. Editorial GLEM S.A., Buenos Aires, Argentina, 1976.

DICCIONARIO GEOGRAFICO 1978 - ALMANAQUE MUNDIAL. Editorial América S.A., España - Panamá 1977.

EL ABC DEL ICE (266). Relaciones Públicas, I.C.E., 2ª ed., San José, Costa Rica, 1987.

EL DATO ESCOLAR. Editorial América S.A., 3ª edic., México, 1970.

Elizondo Masís, Jorge. AREA MADERAS III CICLO. Asociación de Profesores de Arte Industriales, San José, Costa Rica, 1988.

ELECTRICIDAD TEORICO-PRACTICA, TOMO VIII. Ediciones AFHA Internacional S.A. 14ª ed., España, 1975.

Enciclopedia Internacional FOCUS. LA TECNICA Y LA MATERIA, VOL. II LA MATERIA. Librería Editorial ARGOS S.A., Barcelona, España, 1968.

Enciclopedia Internacional FOCUS. LA TECNICA Y LA MATERIA, VOL. I. LA TECNICA. Librería Editorial ARGOS S.A., Barcelona, España, 1968.

ENERGIA ELECTRICA, GUIA DE AHORRO. Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A., San José, Costa Rica, 1978.

Félix - Oyarzábal - Velasco. LECCIONES ELEMENTALES DE FISICA. Compañía Editorial Continental S.A. (C.E.C.S.A.), 2ª ed, México, 1975.

Giordano, Alberto. CURSO BASICO DE ELECTRONICA. Editorial GLEM S.A., Buenos Aires, Argentina, 1976.

Graf, Rudolf F. ELECTRICIDAD EXPERIMENTAL PARA TODOS. LA CIENCIA MODERNA Nº 17. Editorial Ramón Sopena S.A., Barcelona, España, 1976.

Groneman. TALLERES. Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional (AID), Editorial Novarro S.A., 1966.

Maiztegui - Sábato. INTRODUCCION A LA FISICA.

Manuales Delmar de Electricidad y Electrónica. ELECTRICIDAD, TOMO I. Centro Regional de Ayuda Técnica (AID), Editorial Diana, México, 1971.

Martínez, Rubén C. CURSO BASICO DE ELECTRICIDAD. Lehmann Editores, 3ª edición, San José, Costa Rica, 1957.

Mc. Kown, Robin. ISOTOPOS FABULOSOS. Libreros Mexicanos Unidos, México, 1965.

Newnhan, Robert W. REPARACION DE ARTEFACTOS ELECTRODOMESTICOS. Centro Regional de Ayuda Técnica, México, 1971.

Recopilado por:
Gerardo Enrique Quesada Monge
Cooperación Técnica y Editorial: ICE
Revisado por: CENADI
Diagramación: Carlos Barrientos
1º Edición 6000 ejemplares
Impreso en Oficina de Publicaciones - ICE.

Este libro fue revisado en estilo y calidad didáctica por el Centro Nacional de Didáctica (CENADI) del Ministerio de Educación Pública a través de la coordinación del Prof. Jorge Solís.

Desarrollo en Armonía con la Naturaleza